

Öljypuomiopas

**Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely
sisävesi- ja rannikkoalueilla**

Ossi Keränen, Kalervo Jolma



Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2018

Öljypuomiopas

Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely sisävesi- ja rannikkoalueilla

Ossi Keränen, Kalervo Jolma

Ympäristöministeriö

ISBN:978-952-11-4826-2

Suomen ympäristökeskus; Ympäristövahinkojen torjuntayksikön kuva-arkisto

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2018

Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö	28.12.2018	
Tekijät	Ossi Keränen, Kalervo Jolma		
Julkaisun nimi	Öljypuomiopas Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely sisävesi- ja rannikkoalueilla		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2018		
Diaari/hankenumero		Teema	Ympäristönsuojelu
ISBN PDF	978-952-11-4826-2	ISSN PDF	1796-1653
URN-osoite	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4826-2		
Sivumäärä	48	Kieli	suomi
Asiasanat	Öljyntorjunta, ympäristönsuojelu, ympäristöonnettomuudet, pelastuskalusto		
Tiivistelmä <p>Vesialueella tapahtuvan öljyvahingon sattuessa pyritään ensisijaisesti rajoittamaan vuotoa ja sen jälkeen estämään öljyn leviäminen tuulen ja veden virtauksen mukana. Öljyvahingon tapahduttua öljypuomit ovat ensimmäisiä öljyntorjuntavälineitä, joita käytetään öljyn leviämisen rajoittamiseen, estämään öljyn pääsy tietyille alueille ja ohjaamaan öljyn kulkeutuminen alueelle, jossa se voidaan kerätä tehokkaasti. Tällöin kootaan ohut öljykalvo yhteen, paksuntaen öljykerrosta, jolloin kerääminen erilaisilla öljynkeruujärjestelmillä kuten harjakerääjillä tms. on mahdollista. Lisäksi puomien avulla voidaan öljy ohjata pysymään riittävän paksuna kerroksena. Saaristossa ja rannikon tuntumassa öljypuomeilla pyritään estämään ja rajoittamaan öljyn pääsy tärkeisiin ja suojeltaviin kohteisiin, kuten lintujen pesimäalueille, uimarannoille ja kalankasvatuslaitoksiin.</p> <p>Tässä oppaassa kuvataan erityyppiset puomit, niiden luokittelu ja käyttötavat. Eri puomityyppien tekniset yksityiskohdat ja niiden soveltuvuus erilaisiin tilanteisiin kuvataan. Oppaassa annetaan suosituksia puomityyppien valintaa varten sekä tarvittavien puomimäärien arviointiperusteita. Lisäksi opas sisältää neuvoja puomien käsittelystä ja varastoinnista.</p>			
Kustantaja	Ympäristöministeriö		
Julkaisun jakaja/myynti	Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi Julkaisumyynti: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet	28.12.2018	
Författare	Ossi Keränen, Kalervo Jolma		
Publikationens titel	Oljelänsguide Anvisning om oljelänsar för insjö- och kustområden		
Publikationsseriens namn och nummer	Miljöförvaltningens anvisningar 6/2018		
Diarie-/ projektnummer		Tema	Miljövård
ISBN PDF	978-952-11-4826-2	ISSN PDF	1796-1653
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4826-2		
Sidantal	48	Språk	finska
Nyckelord	Oljebekämpning, miljövård, miljöolyckor, räddningsmaterial		
Referat <p>Då en oljeolycka sker på vattnet försöker man i första hand begränsa oljeutsläppet och sedan begränsa spridningen av oljan med vind och strömmar. vid ett oljeutsläpp är oljelänsar de första redskapen för bekämpningen och de används för att begränsa spridningen och förhindra att oljan slipper till vissa områden samt för att styra oljans drift till områden där oljan effektivt kan samlas upp. Man strävar till att samla den tunna oljefilmen till ett tjockare oljeskikt som gör det möjligt att samla upp oljan med olika redskap såsom oljeupptagare (skimmersystem) och liknande. Man kan också styra oljan så att den hålls som ett tillräckligt tjockt skikt. I skärgården och i närheten av kusten försöker man med oljelänsar förhindra att oljan når viktiga områden som skall skyddas, såsom fåglars häckningsområden, badstränder och fiskodlingsanläggningar.</p> <p>I denna guide beskrivs olika typer av oljelänsar, deras klassificering och användningssätt. Tekniska detaljer hos de olika typerna av oljelänsar och deras lämplighet för olika situationer beskrivs också. Guiden ger rekommendationer för val av oljelänsar och för beräkning av behovet av oljelänsar. Dessutom ger guiden råd om hantering och lagring av oljelänsar.</p>			
Förläggare	Miljöministeriet		
Distribution/ beställningar	Elektronisk version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Beställningar: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Description sheet

Published by	Ministry of the Environment		28.12.2018
Authors	Ossi Keränen, Kalervo Jolma		
Title of publication	Oil Boom Guidelines Guidelines Regarding Oil Booms for Lakes and Coastal Waters		
Series and publication number	Environmental Administration Guidelines 6/2018		
Register number		Subject	Environmental protection
ISBN PDF	978-952-11-4826-2	ISSN (PDF)	1796-1653
Website address (URN)	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4826-2		
Pages	48	Language	Finnish
Keywords	Oil spill prevention and response, Environmental protection, Environmental accidents, Rescue equipment		
Abstract In environmental accidents the first thing to do is to cut the oil leakage and after that to prevent and diminish the spreading of oil with the wind and currents. In an oil spill emergency situation the oil booms are the first response equipment used for the prevention of the spreading of oil to certain areas and to collect the oil to areas where it can be efficiently collected. In these cases, the thin oil film is concentrated to thicker layers, which can be collected with different equipment such as oil skimmers. In addition, the oil booms can keep the oil in thick layers. In the archipelago and close to the shore the oil booms can be used in efforts to prevent the oil from reaching valuable or important areas which have to be saved such as breeding places for birds, swimming beaches and fish farms. This guide describes different types of oil booms as well as their classification and typical uses. The guide also describes technical properties of different types of booms as well as their usefulness for different purposes and situations. The guide gives advice for the choice of boom types and regarding the estimation of the amount of booms needed. The Guide also gives advice on how to handle and booms and on their storage.			
Publisher	Ministry of the Environment		
Distributed by/ publication sales	Online version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Publication sales: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Sisältö

JOHDANTO.....	9
1 Yleistä	10
2 Puomien luokittelu	11
3 Eri puomityypit ja niiden soveltuvuus erilaisiin olosuhteisiin	13
3.1 Verhopuomit	14
3.2 Aitapuomit	17
4 Puomin rakenne.....	19
5 Materiaalit	21
6 Puomien toiminta	22
6.1 Vaakasuora vakavuus	22
6.2 Pystysuora vakavuus	23
7 Ankkurointi	25
8 Puomien toimintaa rajoittavat tekijät.....	28
8.1 Öljypisaroiden karkaaminen puomin ali	28
8.2 Öljyn tyhjentyminen puomin alta.....	29
8.3 Öljyn roiskuminen varalaidan yli	30
8.4 Puomin vajoamisesta johtuva öljyn karkaaminen	31
8.5 Ohivirtaus puomin helman noustessa pintaan	31
9 Puomien liittimet.....	32
9.1 Liittimien valintaperusteet	32
9.2 Liittimien perustyytit.....	33
9.3 ASTM-standardin mukainen puomiliitin	36
10 Puomien erityissovellutuksia	38
10.1 Magneettipuomi	38
10.2 Siipipuomi	38
10.3 Pikapuomitusjärjestelmät.....	39

11 Olosuhteet ja valittava puomikoko	40
12 Puomien käyttö	41
12.1 Puomien kuljetus	41
12.2 Puomin levitys toimintakuntoon	41
12.3 Puomitarpeen määrittely	42
12.4 Eri käyttösovelluksiin tarvittava puomimäärä	42
12.5 Onnettomuustilanteiden puomituksia	43
12.6 Puomiin kohdistuvat voimat erityisesti nuottauksessa	45
12.7 Öljypuomien käyttö jäissä	46
13 Puomien valintaperusteita	47
13.1 Yleiset vaatimukset	47
13.2 Valintakriteerejä puomien hankinnassa	47
13.3 Virtauksen vaikutus vaakasuoraan vakavuuteen	48
13.4 Aallokon vaikutus pystysuoraan vakavuuteen	48
13.5 Varalaidan korkeus ja helman pituus	49
13.6 Käyttötarkoituksen edellyttämät vaatimukset	49
14 Puomien huolto ja varastointi	52
14.1 Huolto	52
14.2 Varastointi	52

JOHDANTO

Tämä öljypuomiopas on tarkoitettu pelastustoimen alueiden öljyntorjunnan henkilöstön sekä muiden öljyntorjunnan torjuntaviranomaisten käyttöön ja se perustuu vesi- ja ympäristöhallituksessa v. 1993 tarkastaja Ossi Keräsen toimesta laadittuun ohjeeseen. Ohje on v. 2015 päivitetty vastaamaan nykyisiä olosuhteita Suomen ympäristökeskuksen toimesta. Oppaassa tarkastellaan öljyvahinkojen torjuntapuomien yleisiä ominaisuuksia ja niille asetettavia vaatimuksia, jotka on tarpeen tuntea ja ottaa huomioon hankittaessa puomeja erilaisiin olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin.

Oppaan tarve on tullut ilmeiseksi, koska tästä aiheesta ei ole suomenkielistä kirjallisuutta. Opas perustuu käytännössä saatuun kokemukseen sekä kirjallisuustietoihin. Alkuperäisen ohjeen laatimista varten oli tehty käytännön kokeita, joista saadut suositukset on otettu huomioon opasta päivitettäessä. Oppaan lopussa on em. kokeiden perusteella laadittu luettelo puomeilta vaadittavista vähimmäisominaisuuksista.

1 Yleistä

Vesialueella tapahtuvan öljyvahingon torjuntaa käynnistettäessä on ensimmäiseksi, vuodon rajoittamisen tai tukkimisen ohella pyrittävä estämään öljyn leviäminen tuulen ja veden virtauksen mukana. Tähän tarkoitukseen käytetään yleisesti öljypuomeja. Öljyvahingon tapahduttua öljypuomit ovat ensimmäisiä öljyntorjuntavälineitä, joita käytetään öljyntorjunnassa. Öljypuomeja käytetään öljyn leviämisen rajoittamiseen, estämään öljyn pääsy tietyille alueille ja ohjaamaan öljyn kulkeutuminen alueelle, jossa se voidaan kerätä tehokkaasti. Saaristossa ja rannikon tuntumassa öljypuomeilla pyritään estämään ja rajoittamaan öljyn pääsy tärkeinä alueina suojeltaviin kohteisiin, kuten lintujen pesimäalueille, uimarannoille ja kalankasvatuslaitoksiin. Vaikka öljy pääsisikin likaamaan rantoja, on tärkeää jatkaa öljyn leviämisen rajoittamista, jotta likaantunut ranta-alue ei pääsisi kasva-

maan

Öljypuomeja voidaan käyttää myös öljyn nuottaukseen. Öljyn nuottauksen tarkoitus on koota ohut öljykalvo yhteen, paksuntaen öljykerrosta, jolloin kerääminen erilaisilla öljynkeruujärjestelmillä kuten harjakerääjillä tms. on tehokasta. Lisäksi puomien avulla voidaan öljy ohjata pysymään riittävän paksuna kerroksena,

2 Puomien luokittelu

Öljyn leviämisen rajoittamiseen ja öljyn ohjaamiseksi haluttuun paikkaan käytetään erilaisia öljypuomeja. Puomeja voidaan luokitella eri tavoin.

Puomit luokitellaan käyttöolosuhteiden mukaisesti seuraavasti:

Taulukko 1. Puomien luokittelu koon ja pääasiallisten käyttöolosuhteiden mukaan

Tyyppi	Puomin korkeus	Olosuhteet	Yhden puomituksen pituus m/ vetolujuus kN	Paino kg/ 200 m
Pienpuomit, ranta-puomit	15–50 cm	Tyynet vedet	50–200 m/ 7–30 kN	220–900 kg
Virtapuomit	50–100 cm	Virtaavat vedet	200–600 m/ 30–50 kN	900–1300 kg
Rannikkopuomit	75–100 cm	Rannikko, saaristo ja järvet	400–600 m/ 30–50 kN	1000–1300 kg
Meripuomit	100–120 cm	Meri ja järvien selät	600–1000 m/ 50–150 kN	1300–2000 kg
Avomeripuomit)*	> 120 cm	Avomeri	1–2km/ 150–200 kN	3500–5000 kg (yksi kela)

)* tässä oppaassa ei käsitellä varsinaisia avomeripuomeja

Puomeja luokitellaan myös niiden pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaan. Tällöin voidaan puhua yleispuomeista ja erikoispuomeista. Yleispuomeilla tarkoitetaan monikäyttöisiä puomeja, jotka soveltuvat öljyn leviämisen rajoittamiseen tai esimerkiksi öljyn nuottamiseen. Erikoispuomeja käytetään muun muassa virtausolosuhteissa, jäissä, öljyn polttamisessa, ym. sekä keräysalusten siipipuomeina.

Rakenteellisesti puomit jaetaan aita- ja verhopuomeihin. Aitapuomeiksi kutsutaan sellaisia puomeja, jotka on rakenteellisesti jäykistetty ja tuettu pystysuorassa suunnassa. Tällaisia puomeja käytetään voimakkaassa virtauksessa ja myös esimerkiksi koottaessa levinnyttä öljyä nuottaamalla. Myös monet muut erikoispuomit ovat tyypiltään aitapuomeja. Tällaisia puomeja ovat esimerkiksi siipipuomit, jotka toimivat öljyä keräävän aluksen kylkiin

kiinnitettyinä ohjainpuomeina, joiden avulla öljy ohjataan keräilylaitteeseen. Verhopuomit ovat pystysuorassa suunnassa taas taipuisia helmaosan riippuessa kellukkeesta. Aita- ja verhopuomit reagoivat eri lailla tuuleen, aaltoihin ja virtauksiin. Käyttötarkoitus ratkaisee, kumpi puomityyppi on käyttökohteeseensa soveltuvampi. Verhopuomit ovat yleensä monikäyttöisempiä yleispuomeja kuin aitapuomit, jotka taas voivat soveltua hyvin joihinkin erityistarkoituksiin.

Merkittävä osa Suomessa käytettävistä puomeista on malliltaan verhopuomeja. Verhopuomit eli yleispuomit ovat helmastaan taipuisia ja soveltuvat öljyn rajoittamiseen. Verhopuomeja voidaan käyttää myös öljyn nuottaukseen.

3 Eri puomityypit ja niiden soveltuvuus erilaisiin olosuhteisiin

Puomit voidaan jakaa rakenteensa perusteella neljään eri pääluokkaan. Pääluokkien 1.–3. puomityypit vastaavat toimintaperiaatteeltaan toisiaan, minkä vuoksi näitä puomityyppejä nimitetään toisinaan yhteisnimellä verhopuomit:

1. Kelluvalla kiinteällä täytteellä varustetut puomit (<i>internal foam booms</i>)	Verhopuomit (<i>curtain booms</i>)
2. Itsetäyttyvät puomit (<i>self-inflatable booms</i>)	
3. Paineilmalla täytettävät puomit (<i>Pressure-inflatable booms</i>)	
4. Aitapuomit (<i>fence booms</i>)	

Näiden neljän eri pääluokan lisäksi valmistajat tarjoavat puomeja erityistarkoituksiin, kuten imeytysaineella varustetut puomit, palonkestävät puomit ja verkkopuomit (*trawl boom*).

Taulukkoon 2 on koottu eri puomien perustyyppit, minkä lisäksi taulukossa on luokiteltu puomien käyttökelpoisuutta erilaisissa olosuhteissa. Luokittelussa on käytetty arvoa 1 silloin, kun puomi soveltuu tiettyyn käyttötarkoitukseensa hyvin. Kuten taulukosta huomataan, erilaisiin olosuhteisiin ja käyttötilanteisiin tarvitaan erilaisella rakenteella varustettua puomia. Jotta puomityypin valinnassa voitaisiin parhaalla mahdollisella tavalla huomioida puomin tulevan käyttöympäristön, sen luonnonolosuhteiden ja muiden reunaehtojen vaatimukset puomille, kannattaa taulukkoa 2 hyödyntää siinä esitetyn kolmiportaisen valintamenettelyn mukaan:

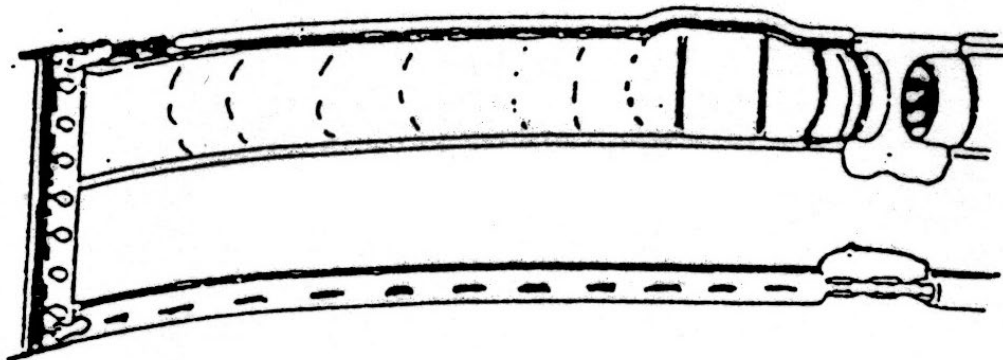
Taulukko 2. Eri puomityypit

Luokittelu 1=Hyvä, 2=Välttävä, 3=Huono			Puomityyppi			
			Puomi kiinteällä täytteellä	Itse- täyttyvä puomi	Paine-ilma- täytteinen puomi	Aita- puomi
Arviointikriteerit	Toiminta- ympäristö	Laajat avoimet vesistöt ja avomeri	2	2	1	3
		Suojainen vesistö ja rannikko	1	1	1	2
		Tyyni vesi	1	1	1	1
		Voimakas virtaus (>0,5m/s)	2	3	2	3
		Matala vesi (<0,3 m)	1	2	2	3
		Roskia (tai jäättä)	1	3	2	2
	Toiminnallisuus	Kelluvuus	2	1	1	3
		Toiminta aallokossa	2	2	1	3
		Kestävyys	2	3	1	1
	Käytettävyys	Käyttöön- otettavuus	2	1	2	2
		Puhdistetta- vuus	1	1	1	1
		Pieni varasto- tilan tarve	3	1	1	3
	Soveltuvuus öljyn nuottoon	U- tai -V- nuottoaus	2	3	1	3
		J-nuottoaus	1	3	1	3

3.1 Verhopuomit

Verhopuomit ovat nimensä mukaisesti pystysuorassa suunnassa ainakin helmastaan taipuisia. Keskilinjaltaan kelluvien verhopuomien kellukkeet ovat ilmalla, inerttikaasulla, kiinteällä vaahdolla, vaahtopalloilla tai vaahtogranulaateilla täytettyjä. Verhopuomien rakenteeseen kuuluvat myös vedon vastaanottajat.

Kiinteällä vaahdolla täytetyt kellukkeet ovat lohkorakenteisia, jotta puomin taipuisuus ja siten pystysuora vakavuus pysyisi hyvänä ja toisaalta varastointi olisi helppoa. Vaahtora-keilla täytetyt kellukkeet ovat taipuisia ja niillä on hyvä vakavuus, mutta rakeiden väliin voi helposti tihkua vettä ja tällöin puomin ominaisuudet saattavat heikentyä. (Kuva 1)

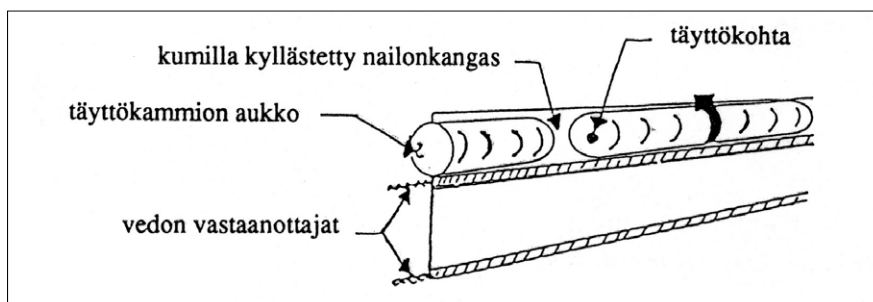


Kuva 1. Verhopuomi, jossa on taipuisa vaahtokelluke. Vedon vastaanottaja toimii vastapainona puomin helman alaosassa.

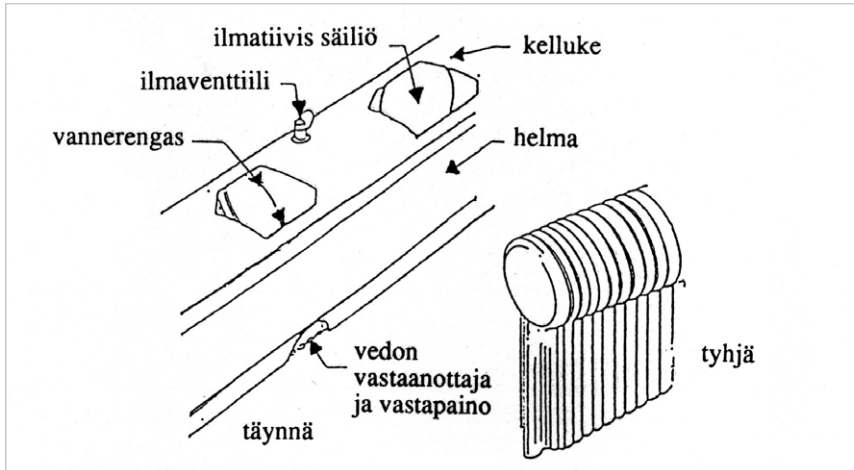
Ilmalla tms. täytettävällä puomilla on pieni varastointitilavuus, hyvä vaakasuora ja pystysuora vakavuus. Puhdistaminen on helppoa. Puomi on täytettävä ennen veteen laskemista ja tyhjennettävä varastointia varten. (Kuva 2)

Itsetäyttyvän puomin kellukekammiot saavat kellukemuotonsa jousivanteiden avulla ja täyttyvät ilmalla venttiilin kautta. Puomin levitys on nopeaa ja varastointitilavuus on pieni. Puomilla on hyvä pystysuora vakavuus. Muihin verhopuomeihin verrattuna itsetäyttyvä puomi voi vahingoittua helpommin ja puhdistaminen on hankalaa. Itsetäyttyvä puomi voi kovassa merenkäynnissä täyttyä vedellä, mikäli venttiilit avautuvat. (Kuva 3)

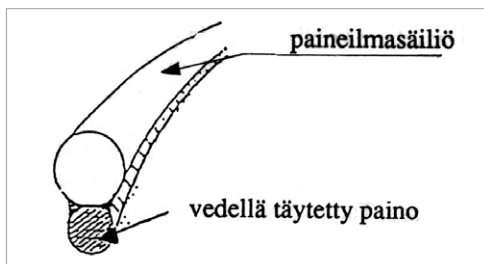
Vaimennuskammiolla varustetun verhopuomin materiaali toimii vedon vastaanottajana. Ylemmässä kammiossa on ilmaa ja alemmassa vettä. Alempi kammiot toimii puomin liikkeiden vaimentajana ja myös helmana. Puomilla on erinomainen vakavuus sekä hyvä varalaita. Varastointitilavuus on suhteellisen pieni. Puomi on täytettävä ilmakompressorilla. (Kuva 4)



Kuva 2. Täytettävä verhopuomi



Kuva 3. Itsetäyttyvä verhopuomi



Kuva 4. Vaimennuskammiolla varustettu verhopuomi

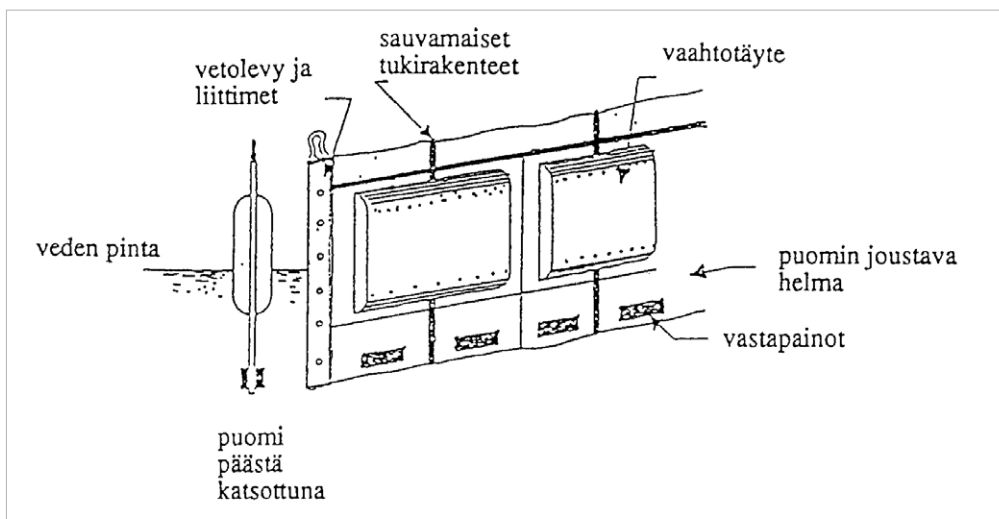
Voimakkaassa aallokossa verhopuomit toimivat hyvin vain, jos ne vaimentavat riittävästi aallokkoa ja toisaalta vedon vastaanottajat sijaitsevat helman alalaidassa. Painot lisäävät puomin massaa, joten puomin kelluvuus tulee olla riittävä. Verhopuomeilla oli yleensä hyvä nostevaste eli pystysuoravakavuus, koska joustavat kellukkeet seuraavat aallokkoa. Pyörintävaste eli vaakasuora vakavuus on heikompi, koska verhopuomeissa ei yleensä ole epäkeskeistä kellukerakennetta. Puomin toimivuutta voidaan parantaa helman alaosassa olevalla vedon vastaanottajalla ja myös ankkuroimilla puomi helmasta.

3.2 Aitapuomit

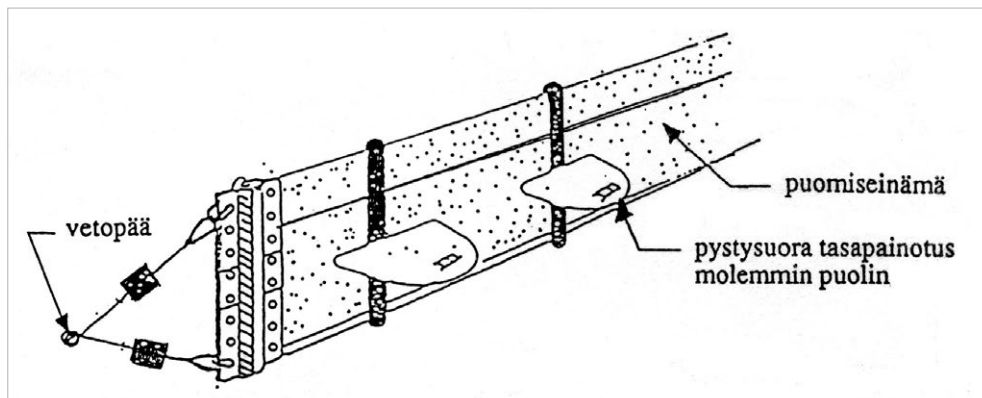
Aitapuomit ovat pystysuorassa suunnassaan jäykähköjä tai täysin jäykkiä. Eräät jäykästä kankaasta valmistetut puomit mukautuvat kuitenkin vaakasuorassa suunnassa aaltojen liikkeisiin. Aitapuomien kellukkeet ovat rakenteeltaan joko kiinteitä tai rakeilla tai ilmalla täytettäviä. Aitapuomit jaetaan edelleen kolmeen ryhmään kelluketyypin perusteella.

1. Keskilinjaltaan kelluvassa puomissa on pieni kelluntapinta-ala. Kelluke sijaitsee symmetrisesti puomin keskilinjassa. Puomilla on huono vaakasuora ja myös pystysuora vakavuus. Korkea varalaita ja lisäkellukkeiden sijoittaminen puomin keskilinjan suojapuolelle parantaa nostevastetta, mutta hankaloittaa varastointia, selvitystä ja kokoamista. (Kuva 5)
2. Laidaltaan kelluvassa puomissa kelluntapinnan keskipisteen etäisyys puomin keskilinjasta tuo puomille pystysuoraa jäykkyyttä. Suurempi kelluntapinta parantaa vakavuutta. Tällöin ei tarvita painoja puomin alaosassa ja puomi on massaltaan kevyt. Epäkeskeinen kellukerakenne vaikeuttaa kuitenkin puomin keräämistä ja puhdistamista. (Kuva 6)
3. Suojapuoleltaan kelluva puomi toimii hyvin aavalla merellä. Suuri kelluntapinta antaa puomille hyvän pystysuoran vakavuuden, joten puomi seuraa hyvin aaltojen liikkeitä. (Kuva 7)

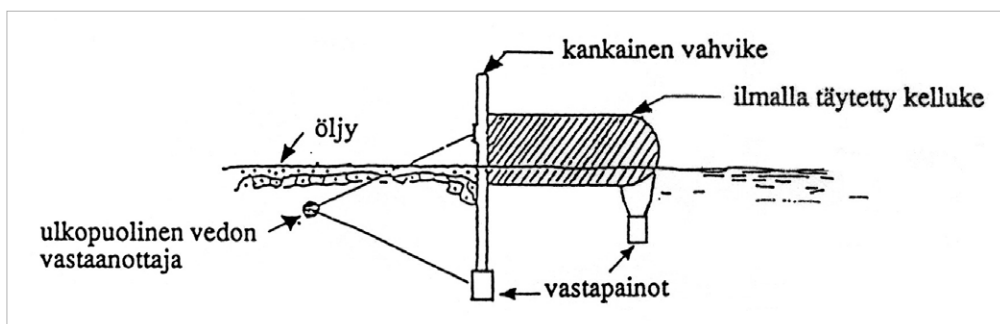
Aitapuomeja on helppo käyttää ja ne ovat rakenteeltaan kestäviä, mutta vievät runsaasti varastointitilaa.



Kuva 5. Keskilinjaltaan kelluva aitapuomi



Kuva 6. Laidaltaan kelluva puomi



Kuva 7. Suojapuoleltaan kelluva aitapuomi

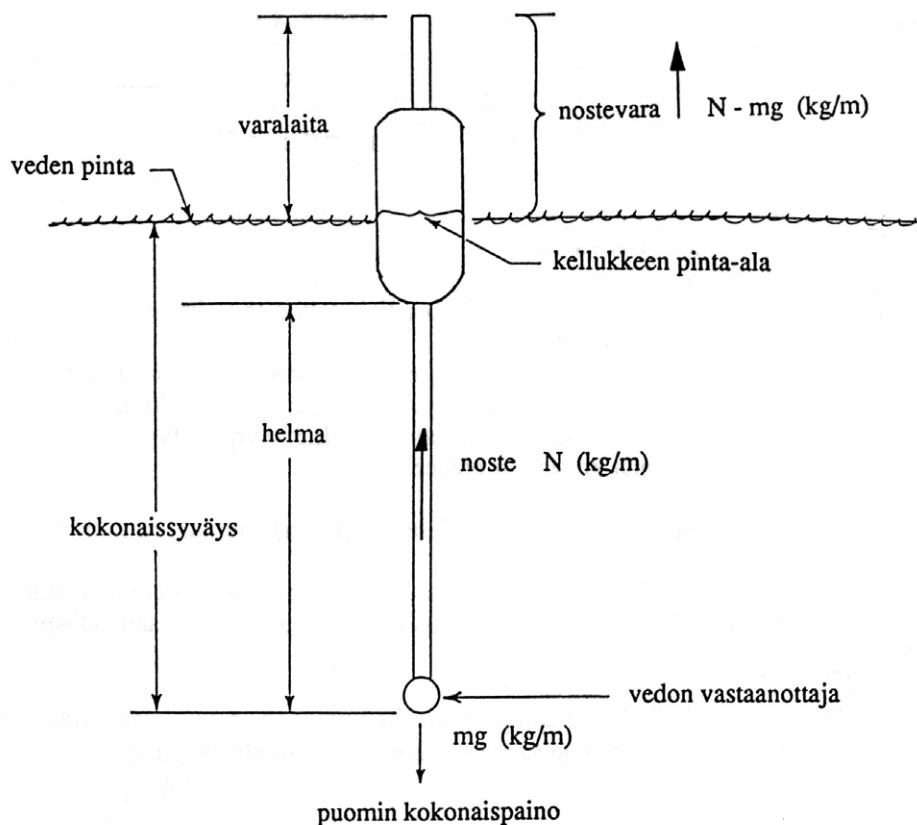
4 Puomin rakenne

Seuraavassa on esitelty puomin pääosat ja -ominaisuudet sekä niiden merkitykset puomin toiminnalle (kuva 8).

- **Kellukkeen** tehtävänä on pitää puomin yläosa eli varalaita veden pinnalla. Kelluke kompensoi puomin painon sekä virtauksen ja aaltojen aiheuttamat alaspäin suuntautuvat voimakomponentit. Kellukkeet ovat rakenteeltaan joko jäykkiä tai taipuisia. Kellukkeen pinnan tulee olla sileä, jotta öljyä tarttuisi siihen mahdollisimman vähän. Sileäpintaisen puomin pesu on helppoa ja puomin puhtaus lisää varastointikestävyyttä. Bakteerit, homeet ja esimerkiksi rotat aiheuttavat likaisille puomeille tuhoja varastoinnin aikana.
- **Varalaita** on veden pinnan yläpuolella oleva puomin pystysuora osa ja se estää öljyn roiskumista puomin yli. Jos varalaita on korkea, puomi on tuuliherkkä. Helman alaosaan kiinnitettävien lisäpainojen ja ankkurien avulla voidaan tuuliherkkyttä pienentää, mutta tällöin kelluvuusominaisuudet heikkenevät.
- **Helma** on kellukkeen alla oleva puomin osa. Käyttötarkoituksesta riippuen helman pituudella on oma optimiarvonsa, sillä veden virtauksen puomiin kohdistama voima on verrannollinen helman pinta-alaan.
- **Syväys** on puomin veden alla olevan osan korkeus.
- **Vedon vastaanottajat** tukevat ja vahvistavat puomia kestämään siihen kohdistuvan voiman vaakasuoraa komponenttia. Vedon vastaanottajat ovat rakenteeltaan köysiä, ketjuja tai vetoliinoja, jotka sijaitsevat puomin helman alaosassa ja myös eräissä puomimalleissa kellukkeen alla. Puomin helma on tehty tukevasta ”kanakaasta” (useimmiten PVC:stä) tai muusta jäykästä materiaalista, joka myös itse toimii vedon vastaanottajana.
- **Painot** ovat puomin helman alaosassa ja niiden tehtävänä on pitää kelluva puomi pystysuorassa asennossa vedessä.
- **Ankkurointikohdat** sijaitsevat puomin tyypistä riippuen joko puomin päässä ja puomin helman alaosassa. Öljyn karkaaminen puomin alta voidaan estää helman ankkuroinnin avulla siten, että ankkuroidun puomin helma ei pääse nousemaan. Tällöin helman repeämisen vaara kuitenkin kasvaa.
- Puomijaksot voidaan kytkeä toisiinsa **liittimien** avulla. Liittimien tulee olla keskenään yhteensopivia. Täydellinen yhteensopivuus saavutetaan samanlaisilla ja

myös saman standardin mukaisilla liittimillä. Ongelmana on, että eri valmistajien myymissä puomeissa on usein erilaisia, toisiinsa sopimattomia liittimiä.

- Puomeja voidaan hinata vedessä **vetolaitteen, vetopään** avulla. Vetolaite sijaitsee puomin päässä ja se on kiinnitetty koko korkeudeltaan puomiin. Vetoköydet sijaitsevat vetolaitteen ylä- ja alapäässä sekä usein myös keskellä.
- **Kädensijat** ovat välttämättömiä puomien käytön ja huollon eri vaiheissa.
- Puomeja voidaan taistaa ja laskostaa **saranakohdista**, jotka sijaitsevat puomilohkojen välissä. Puomeja voidaan varastoida myös rullattuna paketiksi.
- Puomin **nostokohdat** sijaitsevat puomin molemmissa päissä ja myös useissa kohdin puomin yläosassa. Nostokohdat on rakennettu nostimiin sopiviksi.
- Puomeissa voi olla myös lattamaisia jäykisteitä varmistamaan puomin pystyssä pysymistä.



Kuva 8. Puomin rakenneosat

5 Materiaalit

Puomi on valmistettu erilaisista materiaaleista, joista tavallisimpia ovat esimerkiksi seuraavat:

Puomien pintamateriaalit vaihtelevat. Neljä yleisimmin käytettyä pintamateriaalia ovat PVC, inhibited PVC, polyether urethane ja polyester urethane. Taulukkoon 3 on listattu näiden yleisimpien materiaalivaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia.

Taulukko 3. Neljä yleisintä puomien pintamateriaalivaihtoehtoa

Pintamateriaali	Hyviä puolia	Huonoja puolia
PVC	Erinomainen joustavuus	Kestää vain rajoitetun ajan auringonvalon, kuumuuden, öljyjen ja orgaanisen aineen aiheuttamaa räsytystä
Inhibited PVC	Kestää auringonvalon, kuumuuden, öljyjen ja orgaanisen aineen räsytystä	Ei kestä orgaanisia aineita yhtä hyvin kuin polyether urethane tai polyester urethane
Polyether urethane	Kestää parhaiten sään ja veden aiheuttamaa räsytystä	Ei kestä orgaanisten aineiden aiheuttamaa räsytystä yhtä hyvin kuin polyester urethane
Polyester urethane	Kestää parhaiten orgaanisten aineiden aiheuttamaa räsytystä	Ei kestä sään aiheuttamaa räsytystä yhtä hyvin kuin polyether urethane

Taulukko 4. Puomin rakenneosien materiaaleja

Helmamateriaaleja	PVC, polyamidi, neopreeni tai neopreenilla kyllästetty nailonkangas
Kellukkeet	kiinteä styrox, rakeinen styrox, pehmitetty PVC ja lisäksi ilmalla täytettävät kellukkeet
Venttiilit	messinki ja PVC
Vedon vastaanottajat	teräsvaijerit ja -ketjut, polyamidi- polypropyleeni- tai kevlari liinat ja köydet
Painot	nailonilla suojatut lyijypainot ja sinkityt teräskettingit
Köydet	polypropyleeni, teryleeni, kevlari tai PVC
Liittimet	merialumiini, teräs tai polypropyleeni
Vetolaitteet	merialumiini, teräs
Säilytysrakenteet	merialumiini, teräs

6 Puomien toiminta

Puomin toimintaan vaikuttavia fysikaalisia tekijöitä tarkastellaan kuvassa 9.

Vesi kohdistaa puomiin voiman, jonka suuruus on puomin tilavuutta vastaavan vesimäärän paino (tässä kg/m). Voiman vaikutus suuntautuu kohtisuoraan ylöspäin ja vaikutussuora kulkee syrjäytetyn nestemäärän painopisteen kautta. Tätä voimaa kutsutaan nosteeksi, N .

Puomin painon, m , aiheuttama voima mg (kg/m) suuntautuu kohtisuoraan alaspäin.

Nostevara on veden pinnalla olevan puomin osan tilavuutta vastaavan vesimäärän paino (kg/m), jonka vaikutus suuntautuu kohtisuoraan ylöspäin. Nostevara on $N - mg$ (kg/m)

Nostevaran ohella käytetään puomien kelluvuuden arviointikriteerinä myös suhdelukua, joka kuvaa nostevaran suhdetta puomin painoon, eli

$$\frac{N - mg}{mg}$$

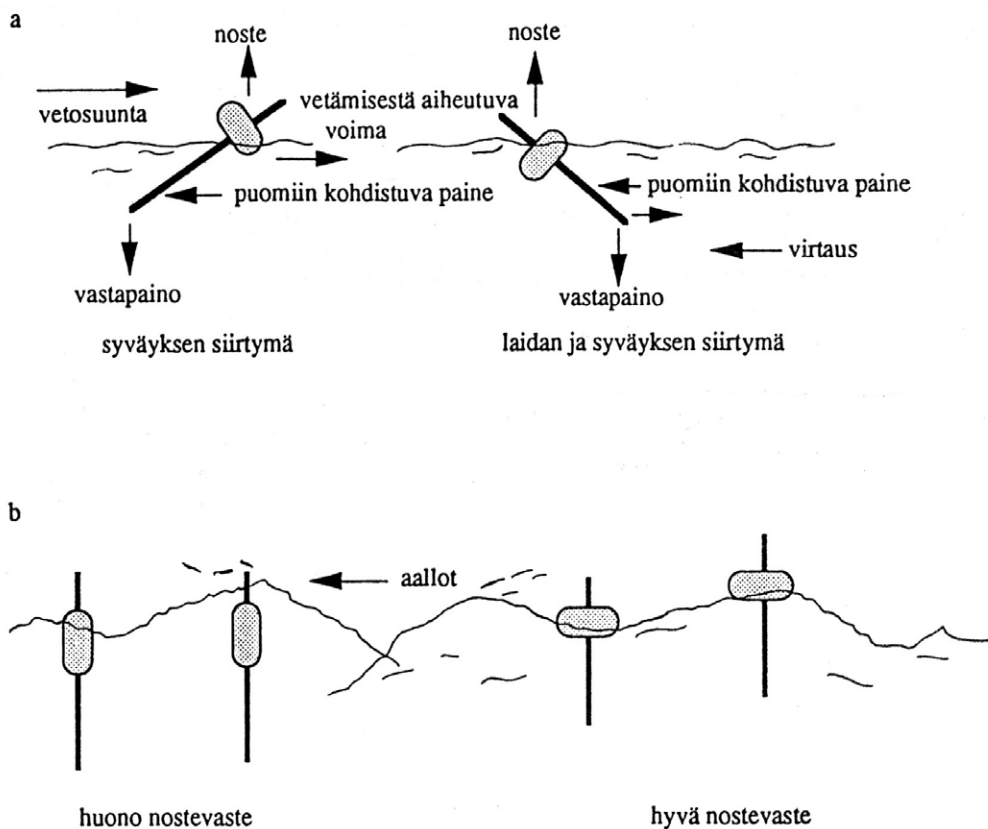
6.1 Vaakasuora vakavuus

Puomi voi rajoittaa öljyä vain, jos riittävä varalaita pysyy veden pinnan yläpuolella ja puomin helma ei poikkeudu liikaa. Jos puomi poikkeutuu pystysuorasta asennostaan, pyrkii voimapari N , mg oikaisemaan puomin. Puomin pystysuoraa asentoa poikkeuttavat aallokon, tuulen ja virtauksen aiheuttamat voimat. Öljyä saattaa karata puomin helman alitse, mikäli helma poikkeutuu liikaa oikeasta asennostaan nousemalla kohti pintaa. Poikkeutuksesta edistää puomin helman alaosan keveys sekä, jos vedon vastaanottaja on liian lähellä veden pintaa. Puomin pystyssä pysyvyyttä mitataan ”pyörintävastuksen” avulla. Paikallaan pysyvällä puomilla sanotaan olevan suuri pyörintävastus eli se on ”jäykkä”. Tätä jäykkyyttä kuvaa poikkeuttamiseen tarvittava vääntömomentti. Puomin jäykkyyttä voidaan lisätä kiinnittämällä painoja helman alaosaan tai siirtämällä kellukkeita puomin pystysuorasta keskilinjasta sivuun. Vaakasuora vakavuus riippuu lisäksi kellukkeen kelluntapinta-alasta, eli leikkauspinta-alasta

Virtauksen vaikutuksesta puomi pyrkii pyörimään, mikäli puomin kiinnityskohta on virtauksen voiman painopisteen yläpuolella. Jos kiinnityspiste on painopisteen alapuolella varalaita poikkeutuu pystysuorasta asennosta. Lisäpainot helman alaosassa ja kellukkeiden siirtäminen puomin keskilinjasta sivuun parantavat puomin pysymistä kohtisuorassa. Pyörintävastusta voidaan arvioida virtauksen ja tuulen voimakkuuden avulla (kuva 9a).

6.2 Pystysuora vakavuus

Nostevaste on verrannollinen kellukkeen leikkauspinta-alaan veden pinnan tasossa. Mitä suurempi pinta-ala sitä parempi on nostevaste. Puomin kelluvuutta kuvaava suure saadaan jakamalla puomin kellukkeiden yhteenlaskettu kelluntapinta-ala puomin pituudella. Puomi, jolla on hyvä nostevaste, kelluu hyvin veden pinnalla aallokossakin. Jos nostevaste on huono, puomi uppoilee aallon ohittaessa. Pahimmassa tapauksessa voi puomin helma jopa käväistä pinnalla. Öljyn leviämistä ei voi rajoittaa tehokkaasti jos puomilla on huono nostevaste. Tätä suuretta käytetään puomien toiminnan arviointikriteerinä. Suuri nostevasteen arvo kuvaa hyvää kelluvuutta.



Kuva 9. Puomin käyttäytyminen aallokossa

Nostevara ja puomin massa vaikuttavat nosteeseen. Suuri nostevara ja puomin keveys antavat puomille hyvän nostevasteen. Puomi, jossa on riittävä varalaita kompensoi jonkin verran huonoa nostevastetta. Puomit toimivat tehokkaasti, jos ne seuraavat aaltoja kellukkeiden myötäillessä veden pintalinjaa.

Painava puomi, jolla on pieni kelluntapinta-ala ja pieni nostevara, myötäilee huonosti veden pinnan korkeuden muutosta aallon kulkiessa ohi. Sitä vastoin suuri kelluntapinta-ala ja puomin keveys ja suuri nostevara antavat puomille hyvän nostevasteen.

Pystysuora vakavuus paranee jos puomi on pituussuunnassa taipuisa. Puomin taipuisuus riippuu kellukkeiden täytemateriaalista. Esimerkiksi vaahtorakeilla puhaltamalla täytetyt kelluntakammiot ovat taipuisia. Huono taipuisuus heikentää puomin nostevastetta (kuva 9b).

7 Ankkurointi

Puomin kiinnittämiseksi tarvitaan riittävä määrä sopivan kokoisia ankkureita. ”Kuokka” –mallinen ankkuri sopii parhaiten hiekka- ja mutapohjiin ja ”merimies” –malli kivisiin pohjiin. Ankkureina käytetään myös rengasankkureita, betonipainoja ja kettinkä.

Puomissa tulee olla kellukkeeseen merkityt ankkurointipisteet vähintään 25 m:n välein. Ankkurointikohdat tulee lisäksi merkitä puomiin siten, että ne ovat helposti havaittavissa puomin kelluessa vedessä. Ankkurin tulee myös olla helposti kiinnitettävissä.

Ankkureiden tarve riippuu puomitukseen kohdistuvan virtauksen ja tuulen aiheuttamasta kuormituksesta. Lisäksi ankkuroinnin tarve vaihtelee eri puomityypeillä, joten arviointi tarpeesta on suoritettava kullekin puomille erikseen.

Ankkureiden määrän karkeaan arvioimiseen voidaan käyttää seuraavia laskentakaavoja. Virtauskuorma F_c (N), joka syntyy puomituksen poikkisuuntaan puomin vedenalaiseen pystypintaan A_s (m²) kohtisuorasti vaikuttavasta virtauksesta. V_c (solmua) voidaan arvioida seuraavalla kaavalla:

$$F_c \text{ (kg)} = 255 \times A_s \text{ (m)} \times [V_c \text{ (solmua)}]^2$$

Esimerkiksi virtauskuorma, joka aiheutuu 100 metrin pituiseen puomiin, jonka vedenalaisen osan korkeus on 0,6 m, on 0,5 solmun virrassa seuraava:

$$F_c = 255 \times (0,6 \times 100) \times (0,5)^2 = 3\,825 \text{ N}$$

Tuulikuorma F_w (N), joka syntyy puomituksen poikkisuuntaan puomin veden pinnan yläpuolella olevaan pystypintaan A_f (m²) kohtisuorasti vaikuttavasta tuulesta V_w (solmua) voidaan arvioida seuraavalla kaavalla:

$$F_w \text{ (N)} = 255 \times A_f \text{ (m}^2\text{)} \times \frac{[V_w \text{ (solmua)}]^2}{40}$$

Esimerkiksi 100 metrin pituiseen puomiin, jonka veden päällisen osan korkeus oli 0,5 metriä, aiheutuva tuulikuorma F_w (kg) on poikittaisessa 15 solmun tuulessa seuraava:

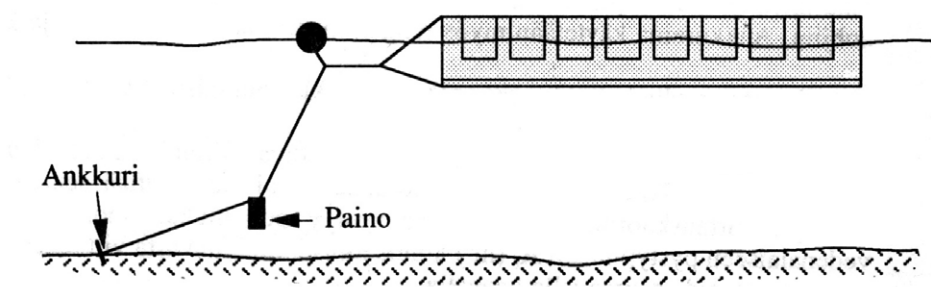
$$F_w = 255 \times (0,5 \times 100) \times \frac{(15)^2}{40} = 1\,795 \text{ N}$$

(1 solmu = 0,514 m/s)

Edellä olevassa esimerkissä virran ja tuulen yhteenlaskettu kuorma olisi 5 620 N, jos sekä virta että tuuli vaikuttaisivat samaan suuntaan kohtisuorasti ja puomi olisi suora jäykkä seinämä. Tosiasiassa puomi on taipuisa ja muodostaa kaaren, pussin. Lisäksi puomia ei yleensä tule ankkuroida suoraan virtauksen poikki vaan viistoon virtaan nähden. Molemmat seikat vaikuttavat puomin kuormitusta vähentävästi, joten kaavat antavat huomattavasti todellista suuremman kuorman. Kuitenkin kaavat antavat varmuudella riittävän suuruusluokka-arvion puomitukseen vaikuttavasta kuormituksesta, mistä on apua asianmukaista ankkurointia valittaessa. Taulukossa 5 on esitetty kuvan 11 mukaisen kuokka-ankkurin kuormituksen pitoarvoja erilaisissa pohjaolosuhteissa.

Taulukko 5. Kuokka-ankkurien (Danforth anchors) pitävyys

Ankkurin paino (kg)	Ankkurin pitävyys eri pohjamateriaaleissa (N)		
	Mutapohja	Hiekkapohja	Savipohja
15	2 000	2 500	3 000
25	3 500	4 000	5 000
35	6 000	7 000	7 000



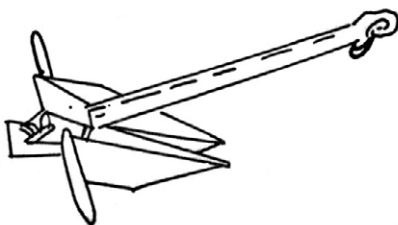
Kuva 10. Puomin ankkurointi

Tarvittavan ankkuriköyden pituus määräytyy vesisyvyyden ja merenkäynnin perusteella taulukon 6 mukaisesti.

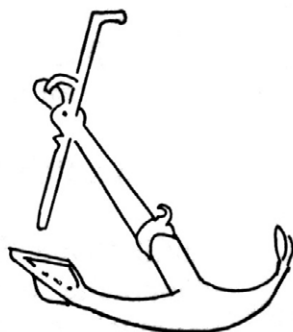
Taulukko 6. Tarvittava ankkuriköyden pituus

Olosuhteet	Ankkuriköyden pituus
Tyyni vesi	3 x vesisyvyys
Suojaiset vedet kuten rannikko ja saaristo	5 x vesisyvyys
Avomeriolosuhteet	7 x vesisyvyys

Puomi on ankkuroitava noin 50 m välein sen pitämiseksi paikoillaan merenkäynnissä. Lisäksi ankkureita tarvitaan puolet tästä määrästä varmistamaan puomin paikoillaan pysyminen tuulen suunnan kääntyessä. Puomin käsiteltävyys helpottuu, jos kutakin ankkuria varten varataan kuvan 10 mukaisesti sekä erillinen pieni merkkipoiju että poiju puomiin kiinnitettävän köyden merkitsemiseksi. Onnettomuustilanteessa ankkureina voidaan käyttää myös betonilohkareita tai muita painavia kappaleita. Kun puomitetaan kallioisten saarien viereisiä vesiä, tarvitaan puomien paikalleen asennukseen myös kallio-kiiloja.



Kuva 11. Kuokka-ankkuri



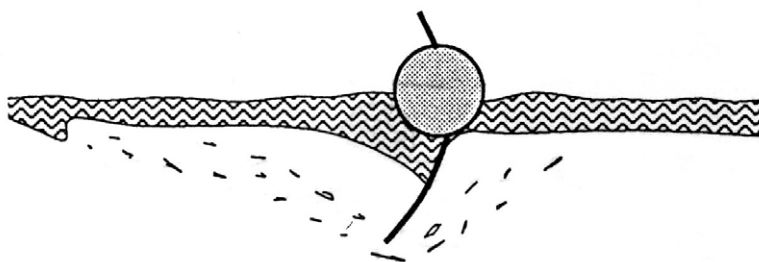
Kuva 12. Merimiesankkuri

8 Puomien toimintaa rajoittavat tekijät

Rajoituspuomien avulla estetään öljyn pääseminen ei toivottuihin paikkoihin ja toisaalta kootaan öljyä yhteen suuremman paksuuden omaavaksi lautaksi helpottamaan keräämistä. Puomien tehokasta toimintaa rajoittavat seuraavat ilmiöt:

1. Öljypisaroiden karkaaminen puomin ali
2. Öljyn tyhjentyminen puomin ali
3. Öljyn roiskuminen puomin varalaidan yli
4. Puomin vajoamisesta johtuva öljyn karkaaminen
5. Puomin helman liukuminen pintaan

8.1 Öljypisaroiden karkaaminen puomin ali

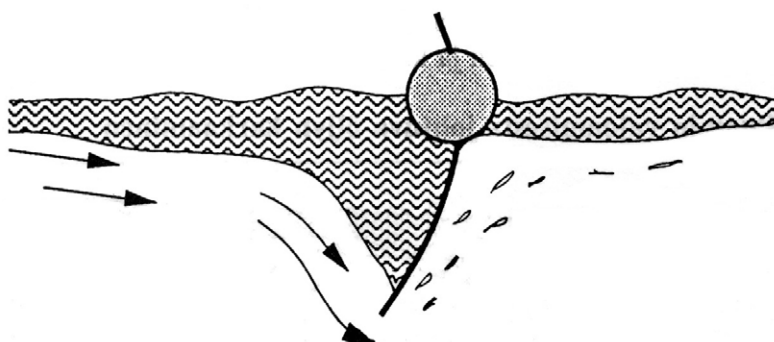


Kuva 13. Pisaroiden karkaaminen

Voimakkaan virtauksen vaikutuksesta aiheutuu ylöspäin nouseva virtaus puomin reunalla ja alaspäin suuntautuva pyörre hajottaa öljyä pisaroiksi, jotka saattavat karata puomin alitse. Karkaavan öljyn määrä riippuu öljykerroksen paksuudesta pyörteen kohdalla. Pyörteen voimakkuuteen vaikuttavat veden virtausnopeus ja öljyn ominaispaino. Kriittisellä nopeudella tarkoitetaan nopeutta, jonka vaikutuksesta pyörre muuttuu epäsäännölliseksi ja pisarat karkaavat puomin ali virtauksen mukana. Esimerkiksi monille raakaöljyille kriittinen virtausnopeus on < 0.5 m/s. Aallokko lisää kriittistä virtausnopeutta. Karkaamisilmiötä

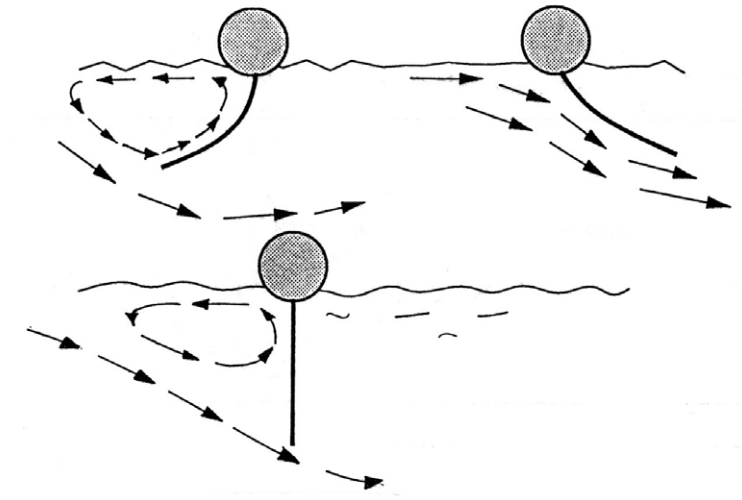
voidaan vähentää kääntämällä puomia sopivasti virtaukseen suuntaan nähden pienemmän kulmaan. Puomien avulla tapahtuvan öljyn kokoamisen tehokkuus riippuu puomin ja virtauksen suunnan välisestä kulmasta, joka vaikuttaa pisaroiden karkaamisen todennäköisyyteen.

8.2 Öljyn tyhjentyminen puomin alta



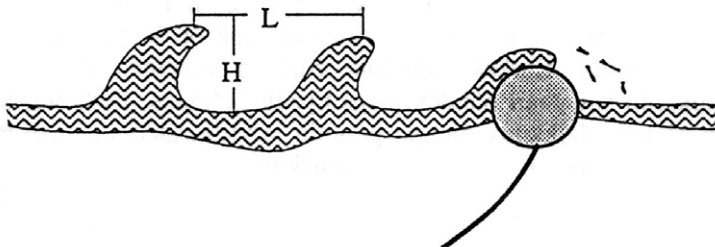
Kuva 14. Öljyn tyhjentyminen puomin alta

Öljyä koottaessa, esimerkiksi puominuottaa vetämällä, kertyy puomia vasten alaspäin paksuneva öljykerros, josta virtauksen mukana voi huuhtoutua öljyä puomin helman ali. Kriittinen nopeus, jolla tyhjentyminen tapahtuu, riippuu puomin helman syvyyksestä, öljyn viskositeetista ja ominaispainosta sekä öljykerroksen paksuudesta. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että normaali puomi sen koosta ja rakenteesta riippumatta ei pysty pidättämään tyydyttävästi öljyä, jos veden suhteellinen virtaus kohtisuoraan puomia vasten ylittää 0,7 solmua. Öljyn tyhjentymisen aiheuttava kriittinen nopeus on suurempi kuin pisaroiden karkaamisen aiheuttama kriittinen nopeus. Öljyn tyhjentyminen paksun öljykerroksen vuoksi voidaan estää keräämällä öljyä esimerkiksi keräimillä ”nuotan” perältä. Puomin helmaa tulee voida ohjailla vedon vastaanottajien avulla, jotta öljyä ei karkaisi. Seuraavassa kuvasarjassa esitetään puomin asennon poikkeutumisen vaikutus öljyn karkaamiseen puomin alta.



Kuva 15. Öljyn karkaaminen puomin alta

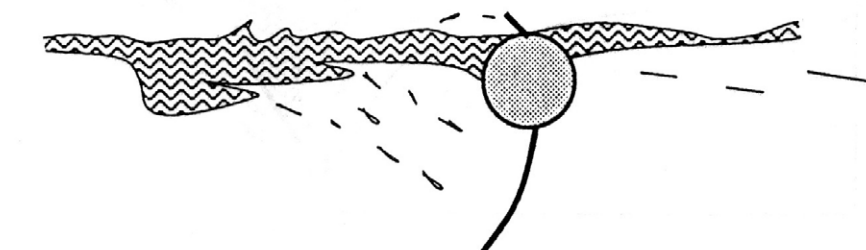
8.3 Öljyn roiskuminen varalaidan yli



Kuva 16. Öljyn roiskuminen varalaidan yli

Öljyä voi roiskua varalaidan yli aallon korkeuden ollessa suurempi kuin puomin varalaidan korkeus ja kun aallon pituuden ja korkeuden suhde on pienempi kuin 10:1.

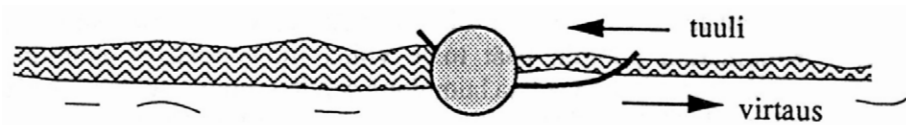
8.4 Puomin vajoamisesta johtuva öljyn karkaaminen



Kuva 17. Vajoaminen

Puomin vajoamista esiintyy puomia laskettaessa tai puomia ankkuroitaessa voimakkaissa virtauksessa tai vedettäessä suurella nopeudella tyynessä vedessä. Riittävä nostevara (pituusyksikköä kohti) estää puomin vajoamista vetämisen aikana.

8.5 Ohivirtaus puomin helman noustessa pintaan



Kuva 18. Ohivirtaus

Vastakkaissuuntaiset voimakas tuuli ja voimakas virtaus voivat nostaa puomin helman veden pinnalle. Helman nouseminen aiheutuu liian pienestä vastapainosta puomin helman alaosaan.

9 Puomien liittimet

Jotta puomijaksoja voidaan liittää pitemmiksi puomituksiksi, puomijaksot tulee varustaa liittimillä. Liitinmalleja on useita ja jokaisessa puomien liitinmallissa on omat etunsa ja haittansa. Puomien välisten liittimien tulee olla käyttövarmoja, vahvoja ja niiden kautta ei saa päästä öljyä karkuun.

9.1 Liittimien valintaperusteet

Liittimien tulisi olla helppokäyttöisiä. Monet liitinmallit on kiinnitettävä ennen puomin laskua, jolloin puomin laskupaikalla tai aluksella tulee olla riittävästi tilaa liitoksien kytke-miseen. Sääolosuhteet voivat myös hankaloittaa puomien liittämistä toisiinsa. Liittämisen suorittaminen vedessä on yleensä hankalaa, jos virtaus ja tuuli ovat voimakkaat. Irtonaiset liittimien osat tuottavat hankaluuksia nopeissa toimintatilanteissa.

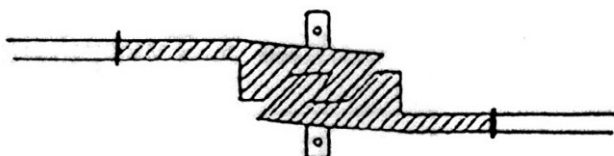
Ihanteellisen puomin liitimen tulisi täyttää seuraavat vaatimukset:

1. Puomit tulee voida liittää toisiinsa vetämällä puomien päät yhteen.
2. Kummatkin puomin päät tulee voida liittää toiseen puomiin, joten naaras- ja uroskappaleita tulee ottaa huomioon selvityssuunta. Jokaisen säilytysjakson päässä tulee mieluummin olla Z-tyyppinen liitin amerikkalaisen standardin n:ro F 962 mukaisesti. (kuvat 28 ja 29).
3. Liitos tulee olla varmennettavissa hakasilla tai sokilla.
4. Pienen työveneen miehistön tulee voida liittää puomit toisiinsa nopeasti huonollakin säällä myös työrukkaset käsissä.
5. Liittimien tulee pysyä toimivina vaikka ne jäätyisivät.

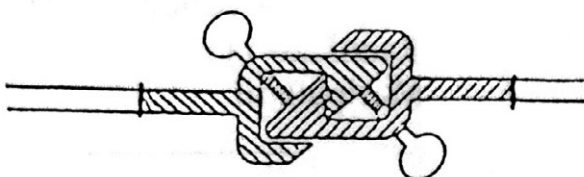
9.2 Liittimien perustyyppit

Seuraavassa esitetään joukko erilaisia liitinmallien perustyypppejä. Monet hiukan erilaiset liittimet toimivat samalla tavoin. Liittimiä kuvataan yleensä tyyppinimien ja symbolien avulla.

Z-tyyppi on nopeasti kytkettävissä oleva liitos, joka varmistetaan ruuvilla tai sokalla. Tässä liitoskappaleessa ei ole naaras- ja urospuolta, mutta puomilohkon päät ovat ”erikätiset”. Riittävän hyvällä säällä liittämisen voi suorittaa yksi henkilö veneestä ilman työkaluja ja irrallisia liitoskappaleita. (Kuva 19)

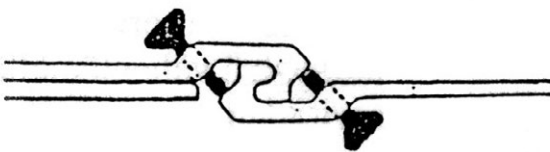


Kuva 19. Z-liitos



Kuva 20. Yleisliukuliitos, versio 1

Yleisliukuliitos muistuttaa Z-tyyppiä. Liitos suoritetaan ylä- tai alakautta liu’uttamalla ja varmennetaan ruuveilla. Liitos voidaan suorittaa vedessä. Liitettävät puolet ovat ”erikätisiä”.



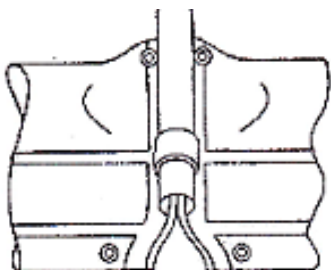
Kuva 21. Yleisliukuliitos, versio 2



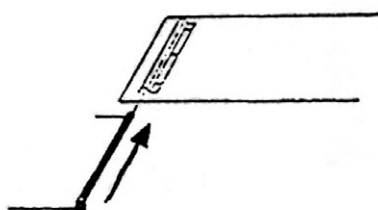
Kuva 22. Putkimallinen liitos

Kuvassa 21 on toinen versio yleisliukuliitoksesta.

Kuvan 22 mukaisessa putkimallisessa liitoksessa on toisessa puomin päässä uros- ja toisessa naaraskappale. ”Erikätisten” ja ”uros-naaras”-kappaleisten puomien suunta tulee järjestää siten, että liitettävät puoliskot sopivat toisiinsa.



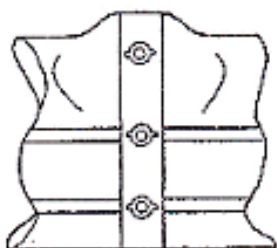
Kuva 23. Uraputkiliitos



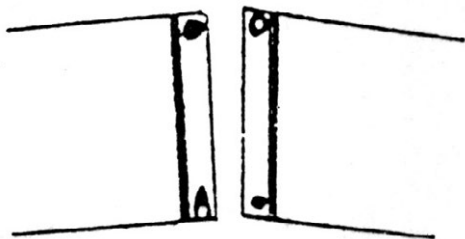
Kuva 24. Kanavaliitos

Uraputkimallissa on muovista valmistetut putkiliittimet, joihin puomien päissä olevat köysivahvennukset pujotetaan. Tässä mallissa ei ole naaras- ja uroskappaleita. Vedessä liittäminen on hankalaa, joten liitos on suoritettava ennen puomin laskua. Tämä liitostyyppi on käytössä keveissä puomeissa. (Kuva 23)

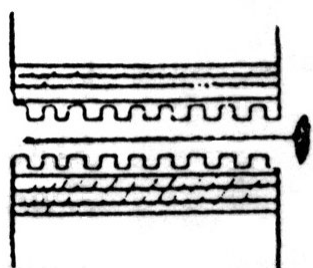
Kuvassa 24 on kanavamallinen liitos. Puomin toisessa päässä on putki ja toisessa päässä on kangasrulla, joka vedetään seuraavan puomilohkon päässä olevan putken läpi. Tämä liitosmalli tulee olla kytketty ennen puomin laskua.



Kuva 25. Kangas/pultti-liitos



Kuva 26. Saranalevy/sokka-liitos



Kuva 27. "Pianosarana-liitos

Kuvan 25 mukaisessa kangas/pultti-liitoksessa on riälliset kankaat puomilohkon molemmissa päissä. Liitos varmennetaan siipimuttereiden avulla. Joskus käytetään metallilevyä liitoksen vahvikkeena. Tällainen liitos on vahva.

Saranalevy/sokka-liittimet ovat levyjä, jotka sijaitsevat puomin molemmissa päissä. Urospuolessa on kiinteä tappi yläosassa ja reikä alaosassa. Naaraspuolessa on aukko yläosassa ja reikä alaosassa. Liitokset varmennetaan erillisellä sokalla tai pultilla. Liitosta on hankala suorittaa vedessä. Tällaiset liitokset ovat erittäin vahvoja. (Kuva 26)

Kuvan 27 mukainen liitos muistuttaa ns. pianosaranaa. Siinä puomien päät liitetään toisiinsa pujottamalla pitkä tanko puomien päissä olevien lenkkien läpi. Tällainen liitos on hankala kiinnittää vedessä. Puomilohkot on liitettävä toisiinsa ennen puomin laskua. Tällainen liitos on vahva.

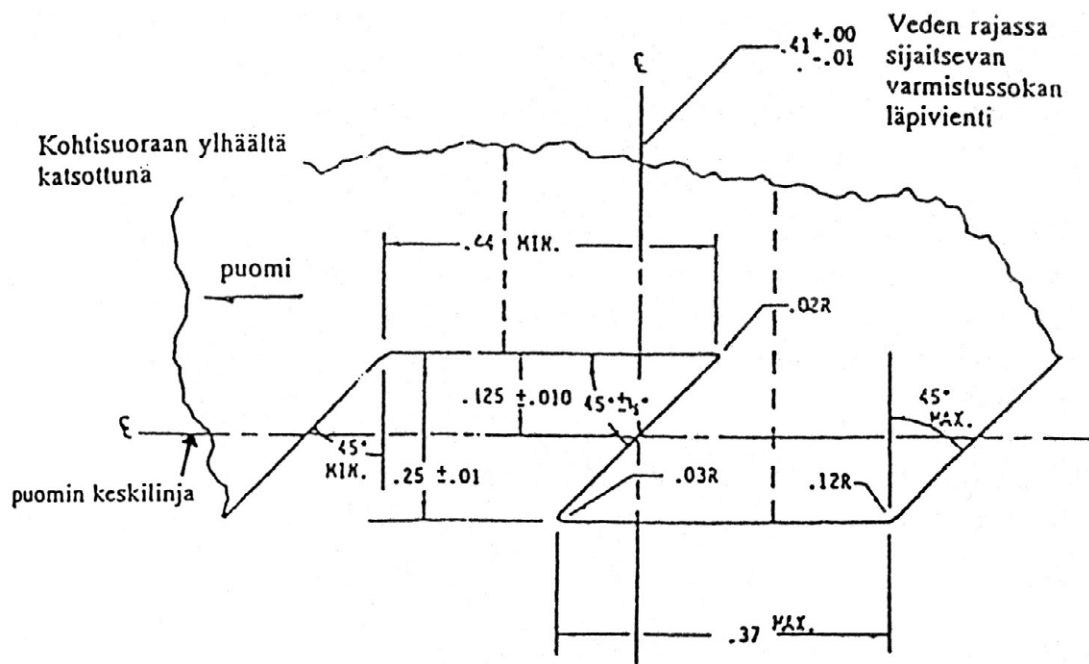
9.3 ASTM-standardin mukainen puomiliitin

ASTM-standardin mukainen puomiliitin (American Society for Testing and Materials) on kehitetty alakomiteatyönä. Kuvissa 28 ja 29 esitetty standardirakenteinen liitos on tarkoitettu toimimaan eri kokoisten ja eri merkkisten puomien liitoskappaleena (eri koko, eri vahvuus, eri malli, eri valmistaja). Perustyyppiltään tämä liitos edustaa Z-mallia, joka varmistetaan itselukittuvalla sokalla. Liitoksen vetolujuus on 530 N/cm. Liitin täyttää lisäksi seuraavat vaatimukset:

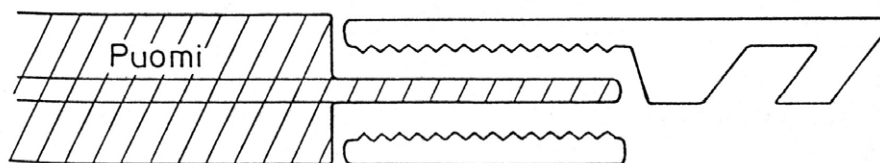
- liitin on mekaanisesti riittävän vahva
- liitoksen kautta tapahtuva öljyn karkaaminen estyy
- ei naaras- ja urospuolisia liitinerakenteita
- puomilohkojen väli on liitettynä koko puomin korkeudelta
- liitin ei haittaa puomin stabiilisuutta
- asennuksessa ei tarvita erityisiä työkaluja
- ei pienennä varalaitaa
- nopea ja helppo liittää
- kevyt
- liitos voidaan tehdä vedessä
- helposti puhdistettavissa hiekasta ja öljyjäänteistä
- käyttöturvallinen
- helppo asentaa ja purkaa
- asennuksessa on otettava huomioon, että liitin tulee asentaa puomin päihin erikätisesti.

Kansallisilla ja pohjoismaisilla tahoilla on esitetty ajatuksia erillisen standardivalmisteen puomiliittimen tarpeellisuudesta. Käytännön kokemusten perusteella suositellaan jokaiseen puomin säilytysjakson molempiin päihin asennettavaksi ASTM-standardin mukaiset liittimet. Tätä standardiliitintä voi käyttää myös vetopäänä.

Tällainen liitoskappale sopinee erinomaisesti suojaisten vesien puomeihin sekä myös saaristo-, rannikko- ja järvipuomeihin. Avomeripuomit ovat rakenteeltaan raskaita, joten edellä mainittu liitoskappale saataisi olla avomeriolosuhteissa heikko.



Kuva 28. ASTM-standardin F 962 mukainen liitin. (Dimensiot on esitetty tuumissa)



Kuva 29. ASTM-standardin F 962 mukaisen liittimen kiinnittäminen puomiin

10 Puomien erityissovellutuksia

10.1 Magneettipuomi

Puomin päähän asennetun magneetin avulla puomi voidaan kiinnittää esim. onnettomuusaluksen kylkeen. Erimerkkisiä puomeja käytettäessä tulee myös magneetti varustaa standardiliittimellä. Magneettikiinnitystä käytetään usein onnettomuusaluksen vuotokohdan lähellä ohjaamaan vuotavaa öljyä haluttuun suuntaan.

10.2 Siipipuomi

Öljyä itsenäisesti keräävän aluksen kylkeen on asennettu keräyspuomi, ns. siipipuomi, jonka avulla kerättävä öljy johdetaan keräilylaitteelle. Kuvassa 30 on esitetty siipipuomi keräysasennossa.



Kuva 30. Sisäänrakennetulla öljynkeruujärjestelmällä varustetun aluksen keräyspuomi, ns. siipipuomi keräysasennossa. Ulkovartioalus Tursas. (Kuva: Suomen ympäristökeskus)

10.3 Pikapuomitusjärjestelmät

Puomien nopeaa levittämistä varten on kehitetty erilaisia pikapuomitusjärjestelmiä. Yksi käytetty ratkaisu on proomu tai lautta, jolla kokoontaitettu puomierä voidaan hinata suhteellisen suurellakin nopeudella vahinkopaikalle ja levittää siellä tarvittavaan paikkaan ilman manuaalisia toimenpiteitä. Puomi voi olla myös hinattaessa pussissa, joka sitten saadaan aukenemaan ja puomi leviämään irroittamalla puominankkuri esim. köydellä vetoveneestä. Kuvassa 31 on esitetty norjalaisen Nofi:n kehittämää pikapuomitusjärjestelmää.



Kuva 31. Pikapuomitusjärjestelmä NOFI BoomBag puomin levitysvaiheessa. (Kuva: NOFI Tromsø AS)

11 Olosuhteet ja valittava puomikoko

Tarvittavan puomin koko määräytyy vesistön olosuhteiden ja erityisesti merenkäynnin perusteella. Tyyniin vesiin soveltuvat alle 50 cm, suojaisiin vesiin 50–100 cm ja avomeriolosuhteisiin yli 100 cm korkuiset puomit. Taulukkoon 7 on kirjattu **ASTM F1523-standardiin** perustuvat puomin mitoituksen minimiarvot, jotka vastaavat puomin koolle ja sen toiminnallisille osille merenkäynnistä tai virtauksesta aiheutuvia vaatimuksia. Elleivät käytettävän puomin koko ja sen rakenteelliset ominaisuudet ole riittävät merenkäyntiin nähden, ei puomi pysty pitättämään öljyä, vaan se karkaa joko puomin ylitse tai alitse.

Taulukko 7. Puomin koolle merenkäynnistä aiheutuvat vaatimukset.

Olosuhteet	Merkitsevä aallonkorkeus (m)	Vaatimukset puomin koolle ja ominaisuuksille				
		Koko puomi			Puomin helma	
		Korkeus (cm)	Ylim. kelluvuus suhteessa painoon	Vetolujuus (kN)	Vetolujuus (kN)	Repeytymisen kesto (kN)
Tyyni vesi	< 0,3	15–60	2:1	6,8	2,6	0,45
Tyyni, virtaava vesi	< 0,3	20–60	3:1	23	2,6	0,45
Suojaiset vedet	0,3–1	45–110	3:1	23	2,6–3,5	0,45
Avomeriolosuhteet	> 1	90–230	7:1	45	3,5	0,45

Taulukossa ylimääräinen kelluvuus suhteessa puomin painoon tarkoittaa sitä osaa puomin kelluvuudesta, joka ylittää puomin omaa painoa vastaavan kelluvuuden. IMO:n öljyntorjuntakurssin käytössä olevassa manuaalissa suositellaan puomin kelluvuudelle ja vetolujuudelle suurempia arvoja kuin yllä olevassa, ASTM-standardiin perustuvassa taulukossa. IMO:n manuaalissa puomin vetolujuudeksi suositellaan tyynissä vesissä vähintään 10 kN, virtavesissä 30 kN, suojaisissa vesissä 50 kN ja avomeriolosuhteissa 150 kN.

12 Puomien käyttö

12.1 Puomien kuljetus

Onnettomuustilanteessa varastossa suoritettava puomimallin ja -merkin valinta edellyttää mahdollisimman tarkkaa tietoa onnettomuustilanteesta, onnettomuuspaikalla vallitsevista olosuhteista ja tarvittavasta puomimäärästä. Puomien toimittamiseksi varastosta onnettomuuspaikalle tarvitaan nosto- ja kuljetuskalustoa (nostolaitteita, kuorma-autoja, siirtolavoja, veneitä, öljyntorjunta-aluksia ja/tai jopa helikoptereita) ja puomien käsittelyyn perehtyneitä henkilöitä, jotka tarvitsevat puomien paikoilleen asentamisessa esimerkiksi ylimääräisiä köysiä, pikalukkoja ja ankkureita sekä sopivia työkaluja.

12.2 Puomin levitys toimintakuntoon

Onnettomuuspaikalle saavuttaessa tarvitaan lisätietoja vuotavan öljyn määrästä ja laadusta sekä veden virtaussuunnasta ja sääennusteista, jotta puomit voidaan rakentaa tilanteen edellyttämällä tavalla tehokkaasti toimivaksi.

Puomi selvitetään yleensä vetämällä se auki moottoriveneen avulla. Puomijakson päässä tulee olla vetököysin varustettu vetopää. Edellä mainittua ASTM standardin F 962 mukaista puomiliitintä voidaan käyttää myös vetopäänä.

Puomin tulisi olla helposti selvitettävissä pienen henkilömäärän avulla. Puomin selvitysaika on kuitenkin suhteellinen käsite, joka riippuu puomin varastointitavasta, puomia selvittävän aluksen tyypistä, miehistön harjaantuneisuudesta ja erityisesti säätilasta. Puomien selvitysaikasta ja tarvittavasta miehistöstä ei ole edellä mainituista syistä perusteltua esittää lukuarvoja.

12.3 Puomitarpeen määrittely

Ihanteellisissa olosuhteissa voidaan laskea, että ympyrän muotoinen, p metriä pitkä puomituis voi pidättää k millimetrin paksuisena öljykerroksena V kuutiometriä öljyä seuraavan kaavan mukaan:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = (7,96 \times 10^{-2}) k \text{ [mm]} p^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

Esimerkiksi 100 metriä öljypuomia voi pidättää 5 mm kerroksena, joka vastaa tilavuutta $V = 3,98 \text{ m}^3$, ja 500 metriä öljypuomia voi pidättää 5 mm paksuna kerroksena $99,5 \text{ m}^3$ öljyä. Toisaalta jos 500 m puomia on viitenä 100 metrin puomituisena, voidaan pidättää vain $5 \times 4 \text{ m}^3 = 20 \text{ m}^3$, öljykerroksen paksuuden ollessa 5 mm.

12.4 Eri käyttösovelluksiin tarvittava puomimäärä

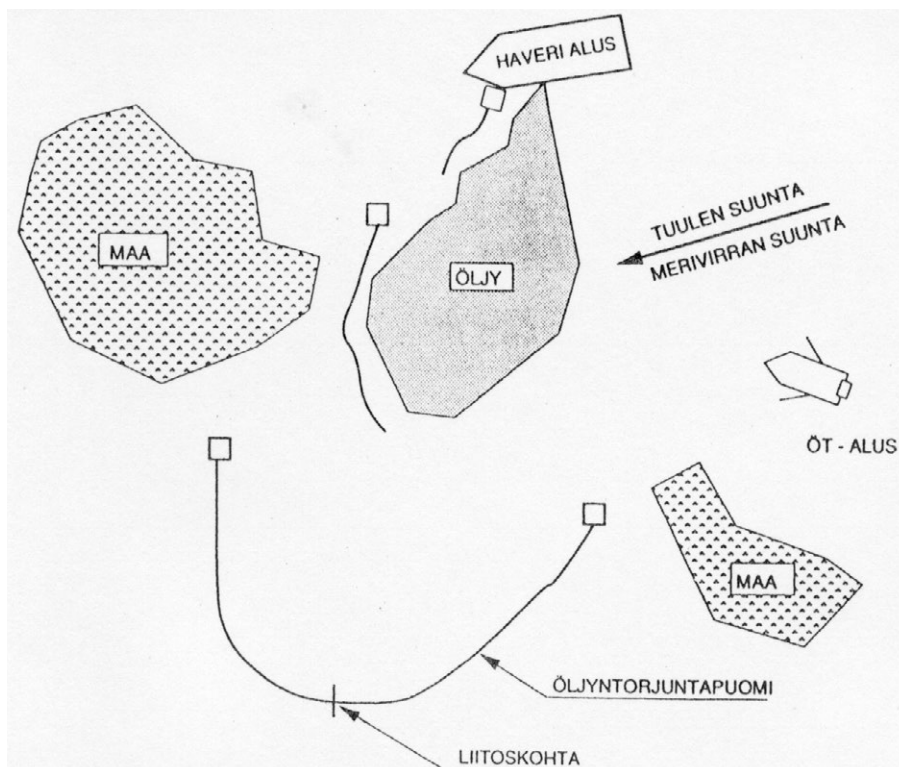
Taulukossa 8 on arvioitu, paljonko puomia tarvitaan öljyn leviämisen estämiseen, herkkien alueiden suojaamiseen tai öljyn keräämiseen. Taulukon sovelluksiin tarvittavan öljypuomin koko ja -tyyppi määräytyvät ympäristön olosuhteiden perusteella, kuten aiemmin on esitetty.

Taulukko 8. Eri käyttösovelluksiin tarvittava puomimäärä

Tavoite	Sovellus	Tarvittava puomimäärä
Öljyn leviämisen estäminen ja herkkien alueiden suojaaminen	Aluksen ympäröiminen puomilla	3 x aluksen pituus
	Öljynsiirto-operaation vuotojen kerääminen	1,5 x aluksen pituus
	Käyttö öljynkeräimen (skimmerin) apuna avomerialueolosuhteissa	450–600 m / keräin
	Jokisuun suojaaminen	3–4 x joen leveys
	Rannan suojaaminen	1,2 x rannan pituus
	Rannan suojaaminen virtaavassa vedessä	Virtauksen (0,4–1 m/s) vaatimasta asennuskulmasta riippuen 1,2 x (1,25–1,5) x rannan pituus
	Lahden tai sataman sisääntulon sulkeminen	1,5 x lahden suun tai sataman sisääntulon leveys
Öljyn kerääminen	Öljyn nuottoaus veneillä	150–450 m / 2 venettä

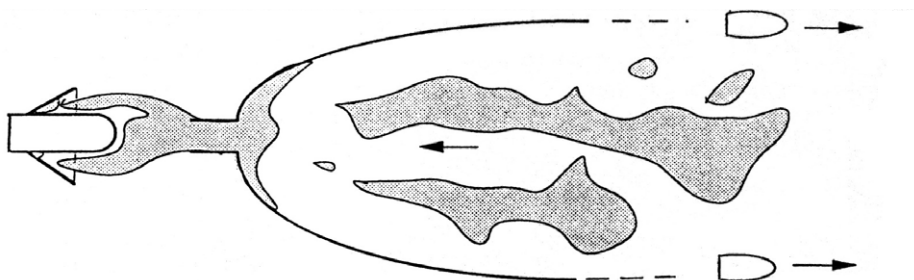
12.5 Onnettomuustilanteiden puomituksia

Jokainen onnettomuustilanne on yksilöllinen, joten seuraavassa esitetään vain joitakin tyypillisimpiä puomituskuvioita.



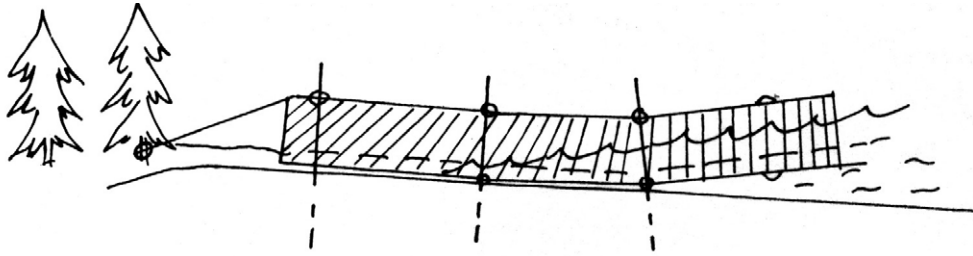
Kuva 32. Öljyvuoto ulkosaaristossa

Erillisiksi lautoiksi levinneen öljyn kokoamisessa käytetään puomeja yleensä nuottamaisena muodostelmana, jota vedetään molemmista päistä noin 1-2 solmun (2-4 km/h) nopeudella. Ohuiden öljylauttojen öljy saadaan nuottaamalla paksummaksi kerrokseksi, jolloin öljyä keräävä alus voi toimia tehokkaasti.



Kuva 33. Öljylauttojen kokoaminen nuottaamalla

Rantaan ajautuneen öljyn rajoittaminen on myös oleellista, sillä aallokko ja tyrskyt laajentavat tehokkaasti rannan likaantumista. Puomi ankkuroidaan rantaan esimerkiksi nostolenkkien kautta, paalujen avulla ja lisäksi hinausköysi kiinnitetään rantakivikkoon tai puuhun.



Kuva 34. Rantaan ajautuneen öljyn puomittaminen

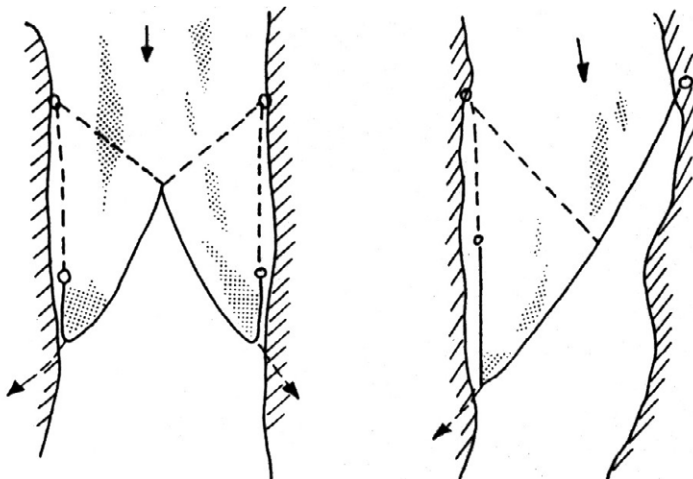


Kuva 35. Rantaa kohden ajautuvan öljyn keräys rantaan päin kapenevilla puomituksilla.
(Kuva: Suomen ympäristökeskus)

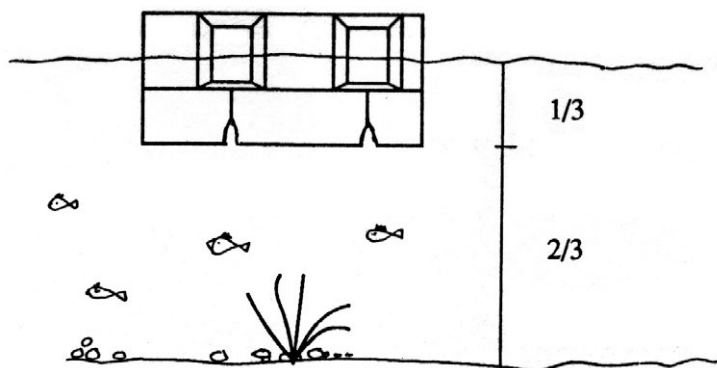
Virtaavassa vedessä on otettava huomioon puomin optimikulma virtauksen suuntaan nähden. Voimakas virtaus saa helposti aikaan öljyn karkaamisen puomin alta. Esimerkiksi joessa sattuneen öljyvahingon torjumiseksi rajoituspuomitus suoritetaan vallitsevan tilanteen mukaan ottaen huomioon joen mutkat ja suvantopaikat. Puomi kiinnitetään rantakivikkoon tai puihin. Ylimääräisiä tukiliinoja ja ankkureita saatetaan myös tarvita.

Tarvittavan puomin pituuden arvioinnissa voidaan käyttää seuraavaa laskukaavaa:

$$\text{Pituus (m)} = \frac{\text{Joen leveys (m)} \times \text{virtauksen nopeus (m/s)}}{0,3} + 15 \text{ (m)}$$



Kuva 36. Vaijerin avulla rantaan kiinnitettyjä puomeja



Kuva 37. Jos jokivarressa ei ole sopivaa suvantopaikkaa öljyn ohjaamista ja keräämistä varten, tulee käyttää sellaista rajoituspuomia, jonka uppoumakorkeus on korkeintaan 1/3 joen syvyydestä, jotta pyörteet eivät muodostuisi liian voimakkaiksi ja öljy siten karkaisi puomin ali.

12.6 Puomiin kohdistuvat voimat erityisesti nuottauksessa

Puomi, joka on päistään ankuroitu tai jota hinataan molemmista päistään aluksella, asetuu tyypillisesti U:n muotoon. Puomin päiden välimatkan suhde puomin pituuteen on niin sanottu aukkosuhde, joka alusten vetäessä nuottana on käytännössä välillä 0,2–0,5.

Käytettäessä puomia joko ankkuroituna tai kahden aluksen välissä estämään tai ohjaamaan öljyn etenemistä, puomi on lähes suora, jolloin aukkosuhde lähenee yhtä. Puomiin kohdistuva vetovoima riippuu puomin syväyksestä, aukkosuhteesta ja hinausnopeudesta sekä virtauksesta. Puomiin kohdistuvaa rasitusta voidaan pienentää vähentämällä nuotausnopeutta ja pienentämällä nuotan suuaukkoa.

Puomin vaatimasta vetovoimasta nuottauksessa on kirjallisuudessa sangen erilaisia määrittelyjä. Lähteessä 2 on esitetty kaava puomin vetojännitykselle hinattaessa. Seuraavassa on kaava muutettuna Suomessa käytetyille mittayksiköille:

$T \text{ (kp)} = 23 \times \text{puomin vedenalaisen osan kohtisuora pinta-ala (m}^2\text{) vetosuuntaa vastaan} \times \text{nopeuden (kn) neliö}$

Muissa lähteissä numeerinen vakio, edellä 23, vaihtelee merkittävästi ollen ITOPF:n käsikirjoissa nykyisin n. 100, eli nelinkertainen.

Nuotatessa puomiin kohdistuva voima on riippuu myös siitä, kuinka paljon vapaata vettä on puomin alapuolella. Mitä vähemmän vapaata vettä on, sitä suurempi on vaadittava vetovoima, vetovastus. Jos vettä on yli seitsemän kertaa puomin korkeus, silloin vapaan veden määrällä ei ole merkitystä.

Hinaavan aluksen tehoa voi arvioida karkeasti siten, että yksi hevosvoima aikaansaa maksimissaan 10 kp:n vetotehon.

12.7 Öljypuomien käyttö jäissä

Öljypuomien käyttö rikkonaisessa jäässä on hyvin haastavaa, koska öljypuomit vaurioituvat helposti jäämassojen liikkeiden johdosta. Avomeripuomit voivat kestää pieniä määriä jäätä, mutta niiden käyttöä jäiden seassa on harkittava tarkasti. Alueilla, joissa jäälautat pysyvät staattisesti paikoillaan, voidaan käyttää öljypuomeja rajallisesti. Olosuhteiden muuttuessa jää voi lähteä liikkumaan, jolloin öljypuomien vaurioitumisriski kasvaa. Öljyn nuottaaminen on mahdotonta alueilla, joilla on paljon jäätä. Öljynuotta vaurioituu, jos vetovastus kasvaa liian suureksi. Aluksiin kiinteästi asennettujen keräyspuomijärjestelmien käyttö jäissä on mahdollista vain, jos alus kykenee väistelemään jäälauttoja.

Kiintojää mahdollistaa joissain määrin öljypuomien käytön. Kiintojäessä oleviin railoihin voidaan asettaa öljypuomi. Öljypuomi jäädytetään paikalleen, jolloin estetään puomin painuminen jään alle. Jääkanteen voidaan tehdä myös railoja sahaamalla, joka mahdollistaa öljypuomien käyttämisen koko kiintojään alueella. Virtaavissa paikoissa, kuten salmissa vesi pysyy sulana. Näissä paikoissa voidaan käyttää öljypuomeja sillä varauksella, että alueella ei liiku jäälauttoja.

13 Puomien valintaperusteita

13.1 Yleiset vaatimukset

Suunnitellessa öljypuomien valintaa eri käyttötarkoituksiin, tulee ottaa huomioon öljypuomiin vaikuttavat ympäristötekijät. Suurimpina tekijöinä ovat virtaus ja aallokko. Tavallisesti öljypuomit kykenevät estämään öljyn leviämisen 0,5 m/s virtauksessa. Tätä suuremmissa virtausnopeuksissa on riski öljyn karkaamisesta. Tuuli ja aallokko voivat muodostaa veden pintaan virtauksia, jotka ylittävät öljypuomin kyvyn estää öljyn leviämistä.

Eri öljypuomimalleilla on erilainen kyky kestää merenkäyntiä. Öljypuomimallin valinnassa tulee huomioida vallitsevat olosuhteet ja myös mahdollisuus olosuhteiden muuttumiseen. Öljypuomit on suunniteltu ja luokiteltu eri olosuhteisiin. Noudattamalla valmistajan antamia luokitusrajoja on mahdollista valita öljypuomimalli, joka kestää vallitsevat olosuhteet.

Mikään puomityyppi tai -merkki ei toimi ihanteellisesti kaikissa olosuhteissa. Puomimerkkiä ja -mallia valittaessa tulee arvioida, millainen puomi on olosuhteisiin ja käyttötarkoitukseen riittävän sopiva. Puomien valinta tulee suorittaa todennäköisimmän käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi virtaavassa vedessä, kuten salmissa sekä tehtaiden ja öljyvarastojen alapuolisissa vesistön osissa puomin selvitysnopeudella on oleellinen merkitys. Puomin helman vakavuus on myös oleellista puomin toimivuudelle virtaavassa vedessä.

13.2 Valintakriteerejä puomien hankinnassa

Puomien hankinnassa tärkeitä yleisiä valintakriteerejä ovat:

- On varmistettava, että pelastustoimen hallinnassa tai muutoin hyödynnettävissä oleva venekalusto riittää hankittavien puomien kuljetukseen
- Puomin öljynpidätyskyvyn on oltava riittävä

- Olosuhteisiin nähden puomin riittävä korkeus, kestävyys ja ehdottomasti myös kelluvuus
- Puomin on oltava pituussuunnassa riittävän joustava, jotta se mukailee aallokkoa
- Puomin sileäpintaisuus estää haitallisia pyörteitä puomin läheisyydessä
- Kirkkaat värit lisäävät puomin näkyvyyttä
- Pintamateriaalin repeytymisen kestävyys sekä korkea kulumis-, murenemis- ja lävistyskestävyys
- Puomin riittävä vetolujuus
- Yhteensopivuus muun puomikaluston kanssa
 - Kun puomin liitokset täyttävät ASTM standardin F962 vaatimukset, ne ovat varmimmin yhteensopivia muiden puomien kanssa.
- Helppokäyttöisyys ja varmatoimisuus
- Siirreltävyys maasto-olosuhteissa
- Varastotilan tarve, ylläpitovaatimukset varastossa ja käytön aikana, käyttöikä
- Hinta. Monet puomin erityisominaisuudet ovat kalliita.

Puomin soveltuvuus tiettyyn käyttötarkoitukseen riippuu vallitsevista sää- ja virtausolosuhteista. Tuoteluetteloissa puomimallit jaotellaan tavallisesti käyttöolosuhteiden mukaan suojaisten vesien puomeihin, saaristo- ja järvipuomeihin, meripuomeihin sekä avomeripuomeihin. Niiden soveltuvuus eri aallonkorkeuksiin on esitetty taulukossa 7 sivulla 24.

13.3 Virtauksen vaikutus vaakasuoraan vakavuuteen

Puomi, joka on vakaa vaakasuorassa suunnassa, on parhaimmillaan voimakkaassa virtauksessa ja aallokossa. Tällaisella puomilla on helman alareunassa riittävästi painoja. Painojen tulee olla kipinöimätöntä materiaalia tai sitten painona käytettävä kettinki tulee pinnoittaa. Puomin vakavuus paranee, jos kellukkeita siirretään puomin keskilinjasta ns. suoja-puolelle.

13.4 Aallokon vaikutus pystysuoraan vakavuuteen

Puomi, joka on vakaa pystysuorassa suunnassa, estää tehokkaasti öljyn roiskumista varalaidan yli. Nostevaste riippuu nostevarasta, puomin massasta ja puomin kelluntapinta-alasta eli kellukkeiden poikkileikkauspinta-alasta veden pinnan tasossa. Keveillä puomeilla on yleensä hyvä nostevaste.

Kellukkeiden tulisi olla taipuisia, jotta puomi myötäilisi tehokkaasti aaltoja. Jäykkien vaah-
tokellukkeiden tulisi olla mahdollisimman lyhyitä, jotta tällainen puomi myötäilisi aallok-
koa. Rannikolla käytettäväksi tarkoitetuissa puomeissa tulee olla hyvä nostevara suhteessa
puomin massaan, vähintään 2:l. Avomeripuomeilla vastaava suhde tulisi olla 3:1 tai 4:l.

13.5 Varalaidan korkeus ja helman pituus

Riittävä varalaita tarvitaan estämään öljyn roiskumista puomin yli. Jäykässä aitapuo-
missa korkea varalaita saa tuulen vaikutuksesta puomin vaakasuoran vakavuuden heik-
kenemään (puomi pyrkii pyörimään, eli helma pyrkii nousemaan pintaan).

Helman syväyksen tehtävänä on rajoittaa öljyn leviämistä. Voimakkaassa virtauksessa, esi-
merkiksi joessa, öljyä kuitenkin pääsee helposti karkuun puomin helman alitse. Varalaidan
ja syväyksen sopivaa suhdetta ei voida tarkoin määrittää, mikäli puomin halutaan olevan
mahdollisimman moniin olosuhteisiin sopiva.

Taulukko 9. Tekniset vaatimukset öljyntorjuntapuomeille

Ominaisuus	Suojaiset vedet	Rannikko-, saaristo ja sisävedet	Meri ja suuret selät	Avomeri
Kokonaiskorkeus cm	< 40	40–100	100–120	>120
Varalaidan korkeus cm	10–25	25–50	>50	>50
Syväys cm	20–40	40–60	>60	>60
Nostevara/puomin paino	2:1	2:1	3:1	4:1
Puomin kokonaisvetolujuus kN	20–50	70–90	>90	>90
Helmakankaan vetolujuus kN	0,9	>1,36	>2,30	>2,30
Helmakankaan repäisylujuus kg	45	50	60	60
Vedon vastaanottajan lujuus kN	40	60	140	>140
Vedon vastaanottajan venymä/ kankaan venymä max. vedolla	<1	<1	<1	<1

13.6 Käyttötarkoituksen edellyttämät vaatimukset

Puomikankaan kestävyys on puomin toimivuuden kannalta oleellista. Puomikankaan
tulee olla veto- ja repäisylujuudeltaan taulukossa 9 esitettyjen laatukriteerien mukainen.
Erityisesti vedon vastaanottajien vetolujuus tulee olla puomikankaan vetolujuutta huo-
mattavasti suurempi.

Puomia valittaessa kankaan värin tulee olla näkyvä, esimerkiksi oranssi. Kankaan on kestävä vaihtelevia olosuhteita; lämpötilan vaihteluja, auringonvaloa ja pesuaineita sekä itse öljyä. Kankaalta vaaditaan lisäksi palonkestävyyttä. Kankaan pinnan tulee olla sellainen, että mahdollisimman vähän öljyä tarttuu kankaaseen käytön aikana. Varastointikestävyyden kannalta on oleellista, että puomikankaan pintaan ei helposti muodostu home- ja bakteerikasvustoja. Pinnaltaan sileä kangas on myös helposti puhdistettavissa.

PVC (polyvinyylikloridi) on tavallisimpia puomikankaan valmistusmateriaaleja. Puomikankaan pohjakankaan ominaisuudet vaikuttavat fysikaalisiin ominaisuuksiin. Pohjakankaassa, joka on esimerkiksi polyesteriä, loimi- ja kudelankojen määsuhdetta muuttamalla voidaan valmistaa repäisy- ja vetomurtolujuudeltaan sopivaa kangasta. Neulottu pohjakangas antaa puomikankaalle paremman repäisylujuuden kuin vastaavan loimi/kude-suhteen omaava kudottu pohjakangas. Tartunta kuvaa pohjakankaan ja pinnoitekerroksen (PVC) tarttumislujutta, eli ”liitossauman” kestävyttä.

Puomikankaan pinnoitteena on pehmitetty PVC, johon lisätään palonsuoja-aineen ohella UV-suoja-aine sekä erikoiskäyttökohteita varten (esimerkiksi kemikaalien kestävyden parantamiseksi) myös muita lisäaineita (esimerkiksi polyuretaania).

Puomikangasta koetetaan myös erilaisilla öljyillä (esimerkiksi diesel- ja hydrauliöljyillä). Tietyn vaikutusajan (esimerkiksi kaksi viikkoa 50 oC lämmössä) jälkeen tarkastetaan öljylaatujen vaikutus puomikankaaseen ja tehdään näille testikankaille vielä kylmyyden-kestokokeet (esimerkiksi -20 oC - -25 oC lämmössä). Testattu kangas kestää ko. olosuhteet, mikäli pinta ei murru.

Käytetty puomikangas on ongelmajätettä. PVC:tä poltettaessa siitä vapautuu kloorivetyhappoa, suolahappoa (HCl). PVC-tuotteet voidaan hävittää polttamalla erityisissä PVC:n polttamiseen sopivissa jätteenpolttolaitoksissa. Ellei näitä ole käytettävissä, PVC-jäte päätyy sekajätteenä kaatopaikoille.

Sopiva saaristo-, rannikko- ja järvipuomien puomikankaan neliöpaino on n. 600 g. Tartunnan tulisi olla noin 100 N/5 cm ja repäisylujuus sekä loimien että kuteiden suunnassa tulisi olla vähintään 300 N. Vetolujuuden tulisi olla sekä loimien että kuteiden suunnassa noin 1 600 N/5 cm. Puomikankaan kestävyys määrittäminen perustuu standarditesteihin.

Puomien käyttö kelluvien kemikaalien leviämisen rajoittamisessa on myös syytä ottaa materiaalivalintojen yhteydessä huomioon. Sopivilla lisäaineilla seostettu PVC soveltuu melko monien kemikaalien rajoituspuomien materiaaliksi. Käytettäessä öljyntorjuntapuomeja kemikaalionnettomuuksien torjunnassa tulee aina eri tilanteissa ottaa huomioon myös puomien muiden rakenneosien ja materiaalien kemikaalikestävyys.

Vetovastus on vaakasuora voima, joka muodostuu siirrettäessä puomia vetämällä sitä toisesta päästä. Vetopään vetolaitteen ja puomijaksojen välisten liittimien kestävyys rajoittaa puomin vetonopeutta. Riittävä kelluvuus ja helman paino saavat puomin pysymään tasapainossa ja oikeassa asennossaan vedon aikana.

Ketjuvoima on vetojännitys, joka muodostuu vedettäessä puomia "U"-muodostelmana. Puomiin vaikuttavat voimat ovat tällaisessa nuottaustilanteessa huomattavasti suurempia kuin vetovastuksen aiheuttama voima. Öljyn keräämisnopeus "U"-muodostelmalla riippuu suuaukon laajuudesta ja puomien pituudesta.

14 Puomien huolto ja varastointi

14.1 Huolto

Puomi tarkastetaan ja puhdistetaan huolellisesti käytön jälkeen sekä korjataan mahdolliset käytön aikana syntyneet vauriot tai vähintäänkin raportoidaan havaitut puutteet myöhempiä toimenpiteitä varten. Erityisesti on huomattava, että öljyiset puomit on aina pestävä ennen varastointia puomin pesua varten rakennetulla paikalla, josta pesuvedet voidaan kerätä talteen. Pestävä puomi ripustetaan kädensijoista tai nostopisteistä riippuvaan asentoon ja pestään liuottimella painepesurin avulla sekä huuhdotaan ja kuivataan huolellisesti. Tämän jälkeen puomi kelataan rullalle tai kerätään kuljetuspakkaukseen.

Korjauksissa, esim. repeytymien paikkauksessa on noudatettava valmistajan ohjeita ja materiaaleina käytettävä vastaavia materiaaleja kuin itse puomissakin on käytetty. Puomivaruusteet, kuten vetopäät, liitinosat, köysistöt valopojut on myös tarkastettava.

Huoltotoimenpiteet, pesut ja tarkastukset sekä myös puomierän käyttökerrat tulee merkitä puomin tietotaskussa olevaan puomikorttiin tai muuhun sovittuun järjestelmään.

14.2 Varastointi

Varastossa säilytettävänä oleva puomi tulee säännöllisin väliajoin, esimerkiksi 2-3 kertaa vuodessa avata säilytuspakkauksesta tai kelattava auki keloiltaan ja tarkastaa sekä korjata mahdolliset materiaalivauriot. Puomit sijoitetaan varastoon tai varastoalueelle siten, että ne on helposti ja nopeasti otettavissa esiin. Puomien varastointitilavuus määritellään kuutiometreinä kutakin puomimetriä kohti. Ilmalla täytettävillä puomeilla on pienempi varastointitilavuus kuin kiinteillä kellukkeilla varustetuilla puomeilla.

Puomit tulisi, jos mahdollista säilyttää tuulettuvassa, kuivassa tilassa ja suojata auringonvalolta. Ulkona varastoitavat puomit on aina suojattava auringonvalolta ja sateelta. Puomit

tulisi varastoida ns. varastointikehikkoihin tai puomikontteihin, joissa puomi on riippuvassa asennossa. Puomeja varastoidessa tulee huolehtia siitä, ettei niitä kerätä suuriksi pinoiksi eikä niiden päälle aseteta painavia tavaroita. Varastoitaessa puomia rullattuna se ei saa olla kiertyneenä.

LIITE: Suositukset Saimaalla tehdyistä puomikokeista

Hankittavien puomierien tulisi kokeiden perusteella täyttää vähintään seuraavat kriteerit:

Ominaisuus	Suositus
Puominliittämisenopeus/liitos	
– maalla	30 s
– vedessä	60 s
Säilytyspakkauksen koko	n. 200 m
Puomin selvitysaika säilytyspakkauksesta enintään 3 min (jos pituus on muu kuin 200 m, aika on kerrottava suhdeluvulla pituus/200 (m))	enintään 3 min.
Vedon vastaanottajien venymä	pienempi kuin kankaan
Liitoskappaleet säilytyspakkauksen molempiin päihin	ASTM standardi F 962
Ankkurointipisteiden väli	enintään 25 m
Puomin nostolenkkien sijoittaminen	1,0–1 m:n välein

Lähteet

- World Catalog of Oil Spill Response Products. Eighth edition 2004/2005. Marine SLRoss Environmental Research Ltd www.slross.com. Editor Steve Potter. Assistant Editor Jake Morrison. Ottawa 2004/ <http://www.oilspillequipment.com/>
- Estimation of Towing Forces on Oil Spill Containment Booms. SLRoss Environmental Research. Ottawa, Ontario, Canada. Stephen Potter and James McCourt. July 1999/
<http://www.bsee.gov/Research-and-Training/Technology-Assessment-and-Research/tarprojects/200-299/299AA/>
- ITOPF: Technical Information Paper.
<http://www.itopf.com/fileadmin/data/Documents/TIPS%20TAPS/TI-P3UseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf>
- <http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/response-techniques/containment-recovery/>
- Maanpuolustuskorkeakoulu. ÖLJYNTORJUNTAKALUSTON TEKNISET OMINAISUUDET JA RAJOITTEET SUOMEN SAARISTOSSA Kadetti Vladimir Gusev Merikadettikurssi 81 Laivastolinja Maaliskuu 2014 www.doria.fi/bitstream/handle/10024/98634/SK1633_Gusev_V.pdf?...
- PM. Puomin vetolujuus ja hinausvoimat KJ 15.11.2012/9.6.2014/24.9.2014
<http://www.itopf.com/fileadmin/data/Documents/TIPS%20TAPS/TI-P3UseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf>
- Öljyntorjuntakaluston yleishuolto-ohje. Hannu Laukkanen, 1997. SYKE:n moniste.
- Öljyvahinkojen torjuntakalusto -käsikirjaluonnos (doc) SYKE (versio 25.3.2011)
- ASTM standardi F962: <https://www.astm.org/Standards/F962.htm>
- ASTM standardi F1523: <https://www.astm.org/Standards/F1523.htm>

Öljyvahingon torjunnassa öljypuomit ovat ensimmäisiä öljyntorjuntavälineitä, joita käytetään öljyn leviämisen rajoittamiseen ja ohjaamaan öljyn kulkutuminen alueelle, jossa se voidaan kerätä tehokkaasti. Ohut tai hajaantunut öljykalvo voidaan koota yhteen, paksuntaen öljykerrosta, jolloin kerääminen erilaisilla öljynkeruujärjestelmillä kuten harjakerääjillä tms. on mahdollista. Saaristossa ja rannikon tuntumassa öljypuomeilla pyritään estämään ja rajoittamaan öljyn pääsy tärkeisiin ja suojeltaviin kohteisiin, kuten lintujen pesimäalueille, uimarannoille ja kalankasvatuslaitoksiin.

Tässä oppaassa kuvataan erityyppiset puomit, niiden tekniset ominaisuudet, luokittelu ja niiden soveltuvuus erilaisiin tilanteisiin ja käyttötapoihin. Lisäksi opas sisältää neuvoja puomien käsittelystä ja varastoinnista.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

ISBN978-952-11-4826-2 (PDF)

ISSN 1796-1653 (PDF)